Vahl, Petra geb. Winkel
Diss. Berlin QU
1985

Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes von Kindern und Jugendlichen in Beziehung zu Karies, Gingivitis und Mundhygiene

D I S S E R T A T I O N

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der

Medizinischen Fakultät des Wissenschaftlichen Rates der Humboldt-Universität zu Berlin

von

Dipl.-Stomat. Petra Vahl, geb. Winkel
geb. am 23. 8. 1956 in Caputh

Dekan: Prof. Dr. sc. med. H. David

Gutachter: 1.

2.

3.

Berlin, den 6. 11. 1985

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1.	Einleitung	1
2.	Literaturübersicht	2 - 23
2.1.	Der p_H-Wert des Speichels	2 - 7
2.2.	Speichel-p_H-Wert und Kariesbefall	8 - 11
2.3.	Speichel-p_H-Wert und Ca-P-Gehalt des Speichels	11 - 12
2.4.	Speichel-p_H-Wert und Plaquebildung	12 - 13
2.5.	p_H-Wert des Speichels und Neutralisierungsmechanismus	13 - 19
2.5.1.	Pufferung	13 - 16
2.5.2.	Speichelsekretion	17 - 19
2.6.	Speichel-p_H-Wert und Periodonterkrankungen	19 - 20
2.7.	Methoden zur Messung des p_H-Wertes des Speichels	21 - 23
3.	Wissenschaftliche Fragestellung	24
4.	Material und Methode	25 - 27
4.1.	Materialerfassung - Speichelgewinnung und - messung	25
4.2.	Meßmethode	25
4.3.	Zusatzuntersuchungen	26
4.4.	Statistische Bearbeitung	27
5.	Ergebnisse	28 - 43
5.1.	Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes in Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter der Probanden	
5.2.	Untersuchung der Beziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert von Kindern und Jugendlichen und ihrem Kariesbefall	29 - 35
5.3.	Untersuchung der Beziehung zwischen dem p_H-Wert des Speichels und der Mundhygiene bei Kindern und Jugendlichen	35 - 38

5.4. Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes in Abhängigkeit vom Entzündungsgrad der Gingiva 39 - 43

6. Diskussion der Ergebnisse 44 - 51

7. Zusammenfassung 52 - 53

8. Literaturverzeichnis 54 - 71

Anhang

Thesen

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548910_0015

In der Arbeit verwendete Abkürzungen:

p_H	Speichel-p_H-Wert
DMF/T	Kariöse, fehlende, gefüllte Zähne (Index)
DMF/S	Kariöse, fehlende, gefüllte Zahnflächen (Index)
PMA	Papilläre, marginale, alveoläre Abschnitte der Gingiva
PIe	Entzündungskomponente des KÖTZSCHKE-Index
OHI	Oral-Hygiene-Index

1. Einleitung

Speichel ist das reine Sekret einer Speicheldrüse. Das Gemisch aller Drüsensekrete bildet in der Mundhöhle unter Beimengung von Sulkusflüssigkeit und ihren Bestandteilen, von abgeschilferten Epithelien, von abgelösten Mikroorganismen sowie unter äußeren Einflüssen die Mundhöhlenflüssigkeit, allgemein auch als Speichel bezeichnet (KIRSCH 1963, ZUHRT 1985). Die Mundhöhlenflüssigkeit ist ein Bindeglied zwischen allen das Mundhöhlenmilieu beeinflussenden Faktoren, schützt die Mundschleimhaut und die Zähne vor dem Austrocknen, vor thermischen und chemischen Reizen, ist Gleit- und Lösungsmittel für Nährstoffe, Nährmedium für die mikrobiellen Bewohner der Mundhöhle, Verdauungs-, Ausscheidungs-, Reinigungs- und Abwehrsekret (TAATZ 1976, SCHMIDT 1982). Neben den anerkannten antikariogenen Eigenschaften des Speichels (ROZEIK 1955, BERG 1960, MANDEL 1974 u.a.) steht seine Rolle bei der Pathogenese der Karies immer wieder im Mittelpunkt wissenschaftlichen Interesses. Unter anderem wird dabei von einer Vielzahl Autoren dem p_H-Wert des Speichels Beachtung geschenkt.

Ausgehend von der Erkenntnis, daß alle biochemischen Prozesse an bestimmte Wasserstoffionenkonzentrationen gebunden sind (GASSEN 1951, WOLLRING 1957), liegt die Vermutung nahe, daß aus Verschiebungen des p_H-Wertes auf pathologische Veränderungen funktioneller Abläufe des menschlichen Organismus geschlossen werden kann. Einige Autoren weisen in diesem Zusammenhang auf eine Abhängigkeit der Kariesaktivität der Probanden vom Speichel-p_H-Wert hin. Dazu gibt es aber in der Literatur sehr widersprüchliche und wenig vergleichbare Meßergebnisse. Das ist hauptsächlich in den natürlichen Schwankungen des Speichel-p_H-Wertes begründet sowie durch die Problematik der Speichelgewinnung und methodische Voraussetzungen.

Inzwischen sind die technischen Möglichkeiten so weit entwickelt, daß wesentlich exaktere Bestimmungen möglich sind. Deshalb kann das Problem des Speichel-p_H-Wertes erneut zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht werden, um eine nähere Bestimmung des Stellenwertes des p_H-Wertes des Speichels im Bedingungsgefüge der Karies herbeizuführen.

2. Literaturübersicht

2.1. Der p_H-Wert des Speichels

SÖRENSEN (1909) definierte den p_H-Wert als den negativen dekadischen Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration (zit. nach HEINRICH 1967). Danach ist eine Lösung neutral und hat einen $p_H = 7,0$, wenn sie bei einer Temperatur von 22 °C je 10^{-7} H^+-Ionen und OH^--Ionen pro Liter enthält (BERG 1960, BUNKE 1949). Der p_H-Wert als Ausdruck für den Säuregrad gibt die aktuelle Wasserstoffionenkonzentration an, d.h. die tatsächlich in der Lösung vorhandene Menge H^+-Ionen. Unter bestimmten Bedingungen können zusätzliche H^+-Ionen gebildet werden. Es entsteht die potentielle Wasserstoffionenkonzentration (CZERMAK 1948, KLEMEN 1961). Dabei muß generell berücksichtigt werden, daß die gemessene Konzentration an H^+-Ionen stets kleiner ist als die errechnete, da die elektrostatische Anziehung von Kationen und Anionen ihre Aktivität einschränkt (HEMKEN 1973). Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen ist in erster Linie die aktuelle Wasserstoffionenkonzentration.

Der p_H-Wert gehört zu den wichtigsten, den Speichel charakterisierenden Größen. Die Angaben darüber in der Literatur schwanken erheblich (Tab. 1).

Tab. 1 p_H-Werte des unstimulierten Nüchternspeichels (nach Literaturangaben)

Autor	p_H	Methode
BUNKE (1949)	6,1 - 6,2	Lyphanstreifen, in vivo
POPPER (1925)	6,77 - 7,52	Gaskette, in vitro
ROLL (1968)	5,6 - 5,9	Telemetrie, in vivo
STEFFENSMEIER (1935)	6,03 - 7,77	Elektrometrie, in vitro
STRAATMANN (1980)	6,99 $\pm$ 0,08	Blutgasanalysator, in vitro
PESCHKOVA u.M. (1982)	6,75 - 7,15	Elektrometrie, in vitro

Für den p_H-Wert des Speichels wurden in zahlreichen Untersuchungen Jahres-, Monats- und Tag- und Nacht-Rhythmen nachgewiesen (EISENBRANDT 1944, KANTOROWICZ u.M. 1953, KLEMEN 1961, KIRSCH 1963). Anderen Autoren zufolge macht der ausgeprägte individuelle Charakter

der Speichel-p_H-Wert-Veränderungen die Festlegung von Normwerten unmöglich (KRANZ 1922, BÜNKE 1949, NITZ 1950). Von allgemeingültiger Gesetzmäßigkeit ist der p_H-Abfall während des Schlafes (GROSSMANN u.M. 1937, WIENEMANN 1962, LEHNERT 1968) mit einem Minimalwert im morgendlichen Nüchternspeichel (LAMMERS u.M. 1956, FISCHER 1957, HUBER 1961). Demgegenüber scheinen die Tageswerte sowie biorhythmische Schwankungen individualspezifisch zu sein, so daß die Tagesmittelwerte nur einen geringen Verbindlichkeitsgrad haben.

Ein ungelöstes Problem stellt die Veränderung des Speichel-p_H-Wertes nach der Nahrungsaufnahme dar. Einige Autoren sprechen von deutlicher Reduzierung des p_H-Wertes nach den Mahlzeiten (KALLHARDT 1928, BRAWLEY 1935b, RIEH 1936), andere vom kurzzeitigen Anstieg (HUBER 1961, MANDEL 1974) bzw. einer relativen Alkalität (FISCHER 1956, LEHNERT 1968). HUNECKE (1961) führt an, daß 80 % der untersuchten Probanden nach den Mahlzeiten einen höheren p_H-Wert, 20 % dagegen einen niedrigeren aufweisen. Zahlreiche Autoren geben dabei zu bedenken, daß die Veränderung der Wasserstoffionenkonzentration im Speichel maßgeblich von der Qualität der aufgenommenen Nahrung bzw. von der damit im Zusammenhang stehenden Nahrungszersetzung abhängt (BLACK 1914, NITZ 1950, KIRSCH 1963). FISCHER (1956) fand nach In-vivo-Untersuchungen Erwachsener sogar einen deutlichen Unterschied im Speichel-p_H-Wert kariesanfälliger und kariesresistenter Probanden, die er entsprechend ihrer Ernährungsgewohnheit in Gruppen eingeteilt hatte. Da aber andere Autoren keine Differenzen im p_H-Wert von Probanden mit unterschiedlicher Diät feststellen konnten (WEBER 1958, MÄKINEN 1976), ließen sich die von FISCHER (1956) angegebenen Veränderungen im Speichel-p_H-Wert auf einen Zusammenhang zwischen Kariesresistenz/Kariesanfälligkeit und p_H-Wert des Speichels zurückführen.

Prinzipiell muß darauf verwiesen werden, daß das Puffersystem des Speichels Schwankungen im allgemeinen so gut kompensiert, daß nur der dauernde Genuß saurer Speisen bzw. der Charakter der zwischen den Zähnen befindlichen Speisereste Einfluß auf die Speichelqualität hat (KALLHARDT 1928, WOLLRING 1956, HELLMICH 1967). Dabei bleibt nach wie vor ungeklärt, ob der Puffermechanismus unmittelbar nach der Nahrungsaufnahme oder zeitlich protrahiert wirksam wird (SAUERWEIN 1952 u. 1961, KLEBER 1979).

In der Literatur wird außerdem die Beeinflussung des Speichel-p_H-Wertes durch extreme Arbeitsbedingungen, wie Säuredämpfe, Mehl- und Zuckerstaub, diskutiert (ROBINSON zit. b. LAMMERS u. M. 1956, BEYRAKOW 1974).

Aus alledem ziehen zahlreiche Autoren den Schluß, daß es für aussagefähige Ergebnisse notwendig ist, die Untersuchung immer zur gleichen Zeit, mindestens zwei Stunden nach der letzten Mahlzeit, und an Probanden, die unter den gleichen Bedingungen leben (z.B. in Heimen), vorzunehmen. Als das geeignetste Untersuchungsmaterial erwies sich morgendlicher unstimulierter Nüchternspeichel (POPPER u. M. 1925, BUNKE 1949, HELLMICH 1967, HENKEN 1973).

Ein weiterer Faktor, der den p_H-Wert des Speichels beeinflußt, ist die CO_2-Spannung (NITZ 1950, KLEMEN 1961, KIRSCH 1963). Nicht eindeutig geklärt ist der Wirkungsmechanismus. Die einsetzende Pufferung ist vorrangig auf die Stimulierung der Speichelsekretion und die zusätzliche Mobilisierung von Bikarbonat zurückzuführen. Das Bikarbonat bindet verstärkt Säuren, es entstehen Salze der Säuren und Wasser, die im Speichel verbleiben, sowie CO_2, das durch seinen Austritt aus dem Speichel zur Erhöhung des p_H-Wertes führt (HANSON 1961, HAUCK 1964). Andere Autoren vermuten, daß saurer Speichel stets einen höheren Gehalt an CO_2 hat, der nach verstärkter Abgabe einen p_H-Wert-Anstieg zur Folge hat (KALLHARDT 1928, RAUCH 1959, ERICSSON 1961). Diese Prozesse werden durch das lange Offenhalten des Mundes bei In-vivo-Untersuchungen bzw. Stehen des entnommenen Speichels wesentlich begünstigt und führen zu einem zusätzlichen p_H-Wert-Anstieg. Gleichzeitig führt der erhebliche CO_2-Verlust zum Ausfällen von Kalziumkarbonat (WEBER 1958, RÖSLER 1961). Umgekehrt zieht eine Erhöhung des CO_2-Gehaltes im Speichel von 0 auf 40 mm Hg einen Zuwachs an Azidität um das 10 - 15fache nach sich (LÜSCHER zit. b. BECKS 1928, WIENEMANN 1962).

Die möglichen p_H-Wert-Veränderungen durch CO_2-Verlust werden in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben - zwischen 0,05 - 0,4 p_H in den ersten 20 Min. (STARR 1922), etwa 0,15 p_H in der ersten halben Stunde (KALLHARDT 1928), 0,2 p_H/h (SAUERWEIN 1961) und 0,6 p_H/h (HANSON 1961). Daraus zogen zahlreiche Autoren den Schluß, daß die p_H-Wert-Bestimmung entweder in vivo oder aber so-

fort nach der Speichelentnahme erfolgen muß, um genaue und nicht vorgetäuscht hohe p_H-Werte des Speichels zu erhalten (KALLHARDT 1928, MESSERLI 1946, HELLMICH 1967 u.a.).

Einen weiteren Einfluß auf den Speichel-p_H-Wert können die Alkalireserve des Blutes (BLACK 1914, WEBER 1958, HELLMICH 1967, ROLL 1968) und auch der Sauerstoffgehalt des Speichels haben (KANTOROWICZ u. M. 1933, EGGERS-LURA 1954). Ihr Stellenwert ist allerdings gegenwärtig noch ungeklärt.

Ähnlich verhält es sich auch mit dem Einfluß verschiedener Erkrankungen (POPPER u. M. 1925, LAMMERS u. M. 1956). Während nach GROSSMANN u. M. (1937) der Speichel-p_H-Wert Kranker stets höher als der Gesunder ist, belegen andere Autoren, daß bei akuten Erkrankungen infolge geringeren Speichelflusses, schlechterer Mundhygiene und erhöhter Körpertemperatur die Wasserstoffionenkonzentration im Speichel erkrankter Probanden stark zunimmt (KALLHARDT 1928, REHM 1934, RÖSLER 1961, WIENEMANN 1962, KIRSCH 1963).

In der Literatur ungeklärt ist die Art der Veränderung des p_H-Wertes des Speichels bei Diabetes mellitus (MATHIS 1938, ULRICH 1959, BERG 1960, HELLMICH 1967, KJELLMANN 1970, ANDA 1980, STRAATMANN 1980). Die Untersuchungen von Magen-, Leber-, Nieren- und Hautkranken zeigten im Gegensatz dazu eindeutig, daß dem p_H-Wert des Speichels keinerlei diagnostische Bedeutung zukommt (ROSEMANN zit. b. WEBER 1958, KLEMEN 1961, ROLL 1968). Gleiches trifft auch auf die Erkrankungen der Mundhöhle zu (WIENEMANN 1962).

Im Zusammenhang mit Untersuchungen zum Einfluß bestimmter Allgemeinerkrankungen auf den Speichel-p_H-Wert tauchte die Vermutung auf, daß auch psychische Faktoren von Bedeutung sind (KANTOROWICZ u. M. 1953, LAMMERS u. M. 1956, KIRSCH 1963, ROLL 1968). Zahlreiche Autoren wiesen die Abhängigkeit des p_H-Wertes vom ZNS, besonders aber vom vegetativen Nervensystem nach (NITZ 1950, KLEMEN 1961, Mc CUIAG 1974, PILZ 1980). So verursacht z.B. ein durch Kummer und Schmerz erhöhter Tonus des N. vagus die Alkalisierung des Speichels. Eine durch Schreck erzeugte Reizung des N. symp. führt da-

gegen zum Abfall des Speichel-p_H-Wertes (FISCHER 1956, WIENEMANN 1962, HELLMICH 1967).

Die Untersuchung der Wirkung von Stress auf die Wasserstoffionenkonzentration erbrachte keine gesicherte Aussage (WIENEMANN 1974). MELLERS (1979) Feststellung, daß auch bei physischer Belastung der Speichel-p_H-Wert erheblichen Veränderungen unterliegt, unterstreicht die Forderung zahlreicher Autoren, zu wissenschaftlichen Untersuchungen nur unstimulierten Ruhespeichel zu verwenden (BRAWLEY 1935/1936, BRINCK 1960, HELLMICH 1967 u.a.).

Umfangreiche Studien belegen, daß die Reaktion des gemischten Speichels altersabhängig ist (WEBER 1958, KLEMEN 1961, KIRSCH 1963). Die von RAUCH (1959) angegebenen durchschnittlichen Speichel-p_H-Werte für Kinder ($p_H \approx 7{,}32$) und Erwachsene ($p_H \approx 5{,}97$) wurden auch nach In-vivo-Untersuchungen als signifikant verschieden anerkannt (HEIKEN 1973). Sie bestätigen die Erkenntnis, daß mit zunehmendem Alter aufgrund der nachlassenden Pufferkapazität eine allgemeine Erhöhung der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels eintritt (BECKS 1928, REHM 1934, HELLMICH 1967, SCHMIDT 1982). WEBER (1958) sieht die möglichen Hauptursachen für diesen Prozeß in der Änderung sowohl der Alkalireserve des Blutes als auch der Vitalkapazität der Lungen und der damit verbundenen eventuellen Erhöhung des CO_2-Gehaltes des Blutes sowie der Änderung des Wassergehaltes der Gewebe. Der Abfall des Speichel-p_H-Wertes erfolgt jedoch nicht kontinuierlich und ist in der Literatur Gegenstand von Diskussionen. Nach BRADLEY (1952) und MAGNUSSON (1962, 1968) fällt der Speichel-p_H-Wert Neugeborener im 1. Lebensmonat aufgrund der geringen Speichelsekretion und der daraus resultierenden eingeschränkten Selbstreinigung von Milchresten von $p_H \approx 6{,}96$ auf $p_H \approx 5{,}0 - 5{,}5$ und steigt im 2. Monat mit zunehmender Fließrate auf $p_H \approx 7$ an. FISCHER (1956) gibt für von Kindern gewonnenen Speichel an, daß dieser immer alkalisch und deshalb ungeeignet für wissenschaftliche Untersuchungen sei. Im Gegensatz dazu bestimmten POTOCZEK u. M. (1968) für Probanden im Alter von 7 - 20 Jahren einen p_H-Wert von 6,45 bis 6,64 und BRAWLEY (1936) allgemein den niedrigsten Speichel-p_H-Wert bei 1- bis 5jährigen und 10- bis 20jährigen Probanden. Die Angaben in den verschiedenen Altersgruppen Erwachsener schwanken zum Teil erheblich.

Zahlreiche Autoren belegen jedoch, daß die Unterschiede im p_H-Wert des Speichels verschiedener Altersgruppen gering und damit ohne Bedeutung sind (BRAWLEY 1936, POTOCZEK u. M. 1968, ANDERSSON 1972 und 1974, WITEK u. M. 1978).

WEBER (1958) und HELLMICH (1967) verweisen darauf, daß die Speichelreaktion in verschiedenen Altersklassen geschlechtsabhängig ist. Danach steigt der Speichel-p_H-Wert weiblicher Probanden in der Pubertät an und fällt im Klimakterium. Umgekehrt ist die Speichelreaktion männlicher Probanden in den Pubertätsjahren saurer, im Alter von 40 bis 50 Jahren dagegen alkalischer. Andere Autoren fanden einen generellen Geschlechtsunterschied im p_H-Wert des Speichels (VAN REEMEN 1981), wobei einmal den Mädchen, ein andermal den Jungen der höhere p_H-Wert zugeschrieben wird (KLOCK 1977, SCHMIDT 1982). Keinen signifikanten Unterschied in Abhängigkeit vom Geschlecht, sowohl bei Erwachsenen als auch bei Kindern, konnten STERN (1931), RENN (1934), BRAWLEY (1936), MAGNUSSON (1962), POTOCZEK u. M. (1968), HEMKEN (1973) und ANDERSSON (1974) feststellen. Aus der Literatur geht hervor, daß folgende Faktoren den Speichel-p_H-Wert prinzipiell beeinflussen:

- die Tageszeit,
- die Nahrungsaufnahme allgemein,
- die Qualität der Nahrung,
- die Zeit nach der letzten Mahlzeit,
- der CO_2-Gehalt des Speichels,
- die Alkalireserve des Blutes,
- Krankheiten,
- psychische Momente,
- das Alter,
- das Geschlecht.

Die Vielfalt den Speichel-p_H-Wert beeinflussender Faktoren macht deutlich, welche Schwierigkeiten es bereitet, die Untersuchungsbedingungen ausreichend zu standardisieren und vergleichbare bzw. reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.

2.2. Speichel-p_H-Wert und Kariesbefall

Seit Beginn wissenschaftlicher Untersuchungen des Speichel-p_H-Wertes dominiert die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem Kariesbefall. Die Mehrzahl der Autoren findet weder einen Unterschied im p_H-Wert des Speichels kariesanfälliger und kariesresistenter Probanden (FISCHER 1956, ENGLANDER 1958), noch eine klare Abhängigkeit des Kariesbefalls von der Speichelazidität (STEPHAN u. SCHEER 1935, KRÖGER 1961, LAMBERTS u. M. 1983). Auch die elektrische In-vivo-Messung bei Kindern läßt keinen Rückschluß auf einen ätiologischen Zusammenhang zwischen Speichel-p_H-Wert und Kariesaktivität zu (VERCELLINO 1967). Das ist gleichzeitig die Bestätigung für die bereits von STERN (1931) und TURNER (1944) mit Hilfe der Kolorimetrie gefundenen Ergebnisse. Einige Autoren sind der Ansicht, daß jahrelange Messungen nötig sind, um Aussagen über das Verhältnis von Karies und Wasserstoffionenkonzentration treffen zu können (POHLE u. M. 1922), da der p_H-Wert den augenblicklichen Zustand des Speichels widerspiegelt, der Kariesstatus aber das Ergebnis eines länger andauernden Prozesses ist (KRÖNCKE u. M. 1956, WITEK u. M. 1978). Aber auch entsprechende Wiederholungsmessungen veränderten das Gesamtergebnis nicht (HUBBELL 1933, SWERDLOVE 1942). Die statistische Auswertung bestätigte, daß die Wasserstoffionenkonzentration in keinem direkten Verhältnis zur Karies steht (CZERMAK 1948).

Untersuchungen über die Ursachen dieser Erscheinung führten zu der bereits von BLACK (1914) vermuteten Erkenntnis, daß Speichel unter physiologischen Bedingungen nie sauer genug wird, um Karies zu erzeugen, d.h. keine Speichelwasserstoffionenkonzentration besteht, die Schmelz unmittelbar lösen könnte (WOLLRING 1957). Die Wasserstoffionen, die durch die Nahrungsaufnahme in die Mundhöhle gelangen , bzw. die in geringen Mengen im Speichel gebildet werden, können nicht auf die Zahnoberfläche einwirken, weil ihre Verweildauer dort aufgrund der Spülwirkung des Speichels und des ausgezeichneten Puffermechanismus sehr kurz ist (LEHNERT 1968, PILZ 1980). So wies z.B. SAUERWEIN (1962) nach, daß etwa 20 sec. nach Beginn bzw. 10 sec. nach Beendigung des Reizes (z.B. saurer Bonbon) der Ausgangs-p_H-Wert wieder erreicht und für weitere 40 sec.

sogar übertroffen wird. Damit ist der p_H-Wert höher als vor Beginn des Reizes. Selbst wenn der Speichel-p_H-Wert den für die Schmelzoberfläche kritischen Wert erreicht, der in der Literatur zwischen 1,2 (STERN 1931) und 5,0 (MATHIS 1938, BUNKE 1949) angegeben wird, stellt er nur einen Faktor dar (MATHIS 1938, DEWAR 1949). Die Säureproduktion per se ist kein ausreichender Grund für die Entstehung von Karies (HARTLESS u.M. 1950).

Diese Aussagen unterstützen die von REDLOW und ZUHRT (1984) getroffene Erkenntnis, daß Zahnkaries ein mit sehr großer interindividuellen Variabilität erscheinendes Ereignis mit einer phylogenetisch, genetisch, sozial und demographisch bedingten Disposition ist, auf deren Boden nutritive Faktoren wirksam werden können.

Im Gegensatz dazu vertreten einige Autoren den Standpunkt, daß aus dem Speichel-p_H-Wert auf die Kariesanfälligkeit der Probanden zu schließen sei, d.h. sich der p_H-Wert kariesanfälliger und kariesresistenter Probanden unterscheidet (KARSHAN u.M. 1931, LIANG 1936, HAFER 1953). Nach BRINCK (1960) und STRAATMANN (1980) ist der geringe Kariesbefall immer mit einem höheren Speichel-p_H-Wert verbunden. STEPHAN (1944) und DREIZEN (1946) sind sogar der Auffassung, daß der p_H-Wert des Speichels Ausdruck für die Kariesaktivität ist. Nur wenigen Autoren gelingt auch der statistisch gesicherte Nachweis eines direkten Zusammenhangs zwischen Speichel-p_H-Wert und Kariesbefall, z.B. VALENTINE u.M. (1978), BRAWLEY (1936) und SULLIVAN u.M. (1950). Einige Autoren empfehlen, die p_H-Wert-Bestimmung des Speichels in jede stomatologische und allgemeine Untersuchung einfließen zu lassen, obwohl sie erkannt haben, daß der p_H-Wert nur ein Aspekt im Gesamtkomplex der Kariespathogenese ist. Sie begründen diese Forderung u.a. damit, daß die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels bei bestimmten Verlaufsformen der Karies von Bedeutung sein kann (WACH u.M. 1943, LAUDENBACH u.M. 1974).

Die Ergebnisse anderer Untersuchungen lassen trotz zum Teil negativer Korrelationen von Speichel-p_H-Wert und Kariesbefall (LEHNERT 1968, CROSSNER u.M. 1977), keine verwertbaren Rückschlüsse auf die Kariesaktivität zu (KRANZ 1922, KRASNOW 1932).

Damit bleibt die Frage nach dem direkten Zu-

sammenhang von Speichel-p_H-Wert und Karies ohne eindeutige Klärung. Die überwiegende Mehrzahl der Autoren steht auf dem Standpunkt, daß aus dem p_H-Wert des Speichels nicht auf die Kariesaktivität zu schließen ist. Einige Autoren gelangten zu nicht interpretierbaren oder widersprüchlichen Ergebnissen, andere dagegen zu der Auffassung, daß der Kariesbefall immer mit einem bestimmten Speichel-p_H-Wert verbunden ist. Das Hauptproblem sind die Differenzen in den Untersuchungsmethoden, die die Objektivität und Vergleichbarkeit der Ergebnisse erheblich einschränken (Tab. 2).

Tab. 2 Speichel-p_H-Werte, verwendete Speichelqualität und Meßmethoden nach Literaturangaben
(KR - kariesresistent, KA - kariesanfällig)

Autor	p_H-Wert KR	p_H-Wert KA	Speichelqualität	Meßmethode
FISCHER (1956)	6,48-7,17	6,54-7,43	unstimulierter Nüchternspeichel	Gaskette, in vitro
KARSHAN (1931)	7,03	6,90	stimulierter und unstimulierter Tagesspeichel	Indikator, in vitro
LEHNERT (1968)	6,34	6,21	unstimulierter Tagesspeichel	Elektrometrie, in vivo
LIANG (1936)	7,1	6,95	unstimulierter Tagesspeichel	Elektrometrie, in vitro
STEPHAN (1944)	7,0	6,4	unstimulierter Tagesspeichel	Elektrometrie, in vivo

Es muß davon ausgegangen werden, daß der Speichel-p_H-Wert zu den konstitutionellen Faktoren in der Pathogenese der Karies zu zählen ist (VESZPREMI 1928) und somit auch erheblichen individuellen Schwankungen unterliegt. Anhand von In-vitro-Messungen bei Probanden unterschiedlichen Alters (POHLE u. M. 1922, POPPER u. M. 1925, EISENBRANDT 1944), In-vivo-Bestimmungen des Speichel-p_H-Wertes von Kindern und Jugendlichen (BUNKE 1949) und aufgrund der Korrelation der p_H-Werte von Müttern und ihren Kindern (HUBER 1961) wurde nachgewiesen, daß die Speichelwasserstoffionenkonzentration als ein Faktor endogenen Ursprungs vorwiegend eine individuelle Größe ist. Auch SAUERWEIN (1952) und MANDEL (1974) verweisen auf

die individuelle Variabilität des Speichel-p_H-Wertes. KLEMEN (1961) betrachtet ihn allerdings als einen exogenen Kariesfaktor. Damit bleibt die Rolle des Speichel-p_H-Wertes weiterhin ungeklärt.

2.3. Speichel-p_H-Wert und Ca-P-Gehalt des Speichels

Kalzium und Phosphate stellen den größten Anteil der anorganischen Komponente des Schmelzes. Allgemein wird ihnen auch als Bestandteil des Speichels Bedeutung für die Schmelzreifung, besonders im Prozeß der De- und Remineralisierung des Schmelzes beigemessen (LILIENTHAL 1955b, RAUCH 1959, KÜNZEL 1979). Deshalb stehen diese Literaturen auch im Mittelpunkt umfangreicher Speicheluntersuchungen. Bereits KARSHAN u.M. (1939) stellten fest, daß im Speichel kariesaktiver Probanden stets weniger Kalzium und anorganischer Phosphor nachzuweisen ist als im Speichel kariesfreier bzw. von Probanden mit "stagnierender Karies". RETTERER's (zit. b. CZERMAK 1948) Vermutung, daß hierbei der p_H-Wert des Speichels eine Rolle spielt und ihm damit eine besondere Bedeutung für die Remineralisation und somit für die Vermeidung von Karies zukommt, wurde durch weitere Untersuchungen bestätigt. So vertreten zahlreiche Autoren den Standpunkt, daß der Kalzium- und Phosphatgehalt des Speichels p_H-Wert-abhängig ist (AHRENS u.M. 1961, ERICSSON 1961, LEONTJEW 1982). Demnach ist der Speichel beim Austritt aus den Speicheldrüsen annähernd neutral und an Kalziumphosphat übersättigt. Ein Abfall unter p_H 5,5 führt dagegen zur Untersättigung. Bei erneutem Anstieg ist eine Erhöhung des Kalzium- und Phosphatgehaltes und sogar die Wiederausfällung von Kalziumphosphat möglich. Bestätigt wurde diese Aussage u.a. an Speichel, der nach Stimulation einen höheren p_H-Wert und niedrigeren Gehalt an ionisiertem Kalzium (LAGERLÖF u.M. 1982), aber eine größere Konzentration von Gesamtkalzium und -phosphor aufwies (DAWES u.M. 1964). Diese Ergebnisse widerlegen damit auch HILDES u.M. (1956) und KRASSE (1958), die keine Veränderungen des Ionengehaltes des Speichels bei Änderungen der Wasserstoffionenkonzentration gefunden hatten.

Gleichzeitig muß festgestellt werden, daß Kalzium und Phosphate z.T. muzingebunden und damit an der Plaquebildung beteiligt sind. Diese wiederum wird auch durch den p_H-Wert des Speichels beeinflußt (ERICSSON 1961, PILZ 1980, SCHMIDT 1982). Den Phosphaten kommt darüber hinaus eine Pufferwirkung zu (CZERMAK 1948, LILIEN-

THAL 1955b, KÜNZEL 1978 u.a.). Das unterstreicht die enge Wechselbeziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert und dem Ca-P-Gehalt des Speichels. Insgesamt kann festgestellt werden, daß die Mehrzahl der Autoren die Abhängigkeit der Ionenkonzentration (Ca und P) vom p_H-Wert des Speichels anerkennt und somit die Möglichkeit einräumt, daß dem Speichel-p_H-Wert im Prozeß der De- und Remineralisierung über den Kalzium- und Phosphat-Gehalt eine disponierende Rolle zukommt.

2.4. Speichel-p_H-Wert und Plaquebildung

Unbestritten ist heute die Erkenntnis, daß die Zahnplaque eine Grundvoraussetzung für die Karies darstellt. Bekannt ist weiterhin, daß der Speichel aufgrund seiner Zusammensetzung sowie Sekretions- und Fließrate die Plaquebildung behindern oder fördern kann (MANDEL 1974, CROSSNER 1977, PILZ 1980). Daraus entstand die Frage, ob es weitere Faktoren des Speichels, wie z.B. den p_H-Wert, gibt, die möglicherweise Einfluß auf die Plaqueentstehung haben und damit karies-disponierend wirken.

Die Mehrzahl der Autoren geht davon aus, daß die Rolle des Speichel-p_H-Wertes in den einzelnen Etappen der Plaquebildung - nach SCHMIDT (1982) sind es drei - differenziert zu betrachten ist. Die erste Phase, d.h. die Pellikelbildung, wird nach Angaben einiger Autoren maßgeblich durch den Wasserstoffionengehalt des Speichels beeinflußt. Er entscheidet zum einen über die Zusammensetzung der Aminosäuren im Pellikel (SCHMIDT 1982) und zum anderen über den generellen Beginn der Plaquebildung. Demnach tragen die durch bakteriellen Abbau im Munde entstehenden Säuren zur Ausfällung von Muzin bei (BEACH und EGGERS-LURA zit. bei LEHNERT 1968). ERICSSON (1961) gibt jedoch einen p_H-Wert von 4 an, der für die Muzinausfällung Voraussetzung ist, aber im Speichel nie erreicht wird. Deshalb ist wohl doch die Bakterienbesiedlung die eigentliche Grundlage für die Plaquebildung. Andere Autoren erkennen die Säurepräzipitation von Speichelproteinen (Muzin) prinzipiell nicht als einen Faktor der Plaqueformierung an (DAWES 1964) oder drehen das Abhängigkeitsverhältnis von Speichel-p_H-Wert und Muzinausfällung um. Sie gehen davon aus, daß Muzin als wesentlicher Speichelbestandteil seinerseits den p_H-Wert maßgeblich mit beeinflußt (BECKS 1928, CZERMAK 1948, LEHNERT 1968, TAATZ 1976).

Über die Rolle des Speichel-p_H-Wertes in den Phasen Pellikelbesiedlung und Plaquereifung bestehen ebenfalls sehr unterschiedliche Auffassungen. Einige Autoren stehen auf dem Standpunkt, daß der p_H-Wert die Qualität der Mundflora und damit auch die Plaquebildung (-besiedlung und -reifung) beeinflußt, indem mit steigendem p_H-Wert die säuretoleranten Stämme gehemmt werden (KLEWEN 1961, HELLRICH 1967). Der p_H-Wert, der für bestimmte Speichelfermente das Optimum darstellt, kann für einige Mikroorganismen sogar tödlich sein (GOLLMOW 1933). Weiter wurde festgestellt, daß eine steigende Wasserstoffionenkonzentration im Speichel zu einer erhöhten Plaqueansammlung führt (KWAPISZ u. M. 1980), bei einem p_H-Wert größer als 7,0 jedoch eine deutliche Plaquehemmung eintritt (RITTER zit. b. CZERNAK 1948). Andere Autoren sind der Überzeugung, daß der p_H-Wert seinerseits entscheidend von der Mundflora (BLACK 1914, SAUERWEIN 1952, KIRSCH 1963) bzw. den Stoffwechselprodukten der Bakterien (LAMMERS u. M. 1956) beeinflußt wird. Danach führen ein erhöhtes Substratangebot und die dadurch stimulierte Vermehrung azidogener Bakterien zu einem deutlichen Abfall des Plaque-p_H-Wertes, der sich sekundär im Speichel widerspiegelt und diesen ebenfalls senkt (LEHNERT 1968). Weiterhin ist bekannt, daß der p_H-Wert des Speichels gewöhnlich bis zu 1 Einheit niedriger als der der Plaque ist (KLEINBERG 1964, SCHMIDT 1982). WEBER (1958) stellt die Wirkung der Mikroorganismen der Mundhöhle auf den Speichel-p_H-Wert jedoch in Frage.
Zusammenfassend kann man sagen, daß die Bedeutung des p_H-Wertes des Speichels für die Plaqueentstehung und -entwicklung in der Literatur nicht eindeutig geklärt ist bzw. daß auch der Plaque eine gewisse Rolle bei der Entwicklung des Speichel-p_H-Wertes zugeordnet wird.

2.5. p_H-Wert des Speichels und Neutralisierungsmechanismus

2.5.1. Pufferung

Allgemein anerkannt ist die Tatsache, daß der Ruhe- oder Normalspeichel-p_H-Wert durch folgende Mechanismen aufrecht erhalten wird: zum einen reagieren die Speicheldrüsen auf einen chemischen Reiz, z.B. in Form von Säuren, mit einer Erhöhung der Salivation zwecks Verringerung der Konzentration und Eleminierung des Reizfaktors. Zum anderen kommt zur Neutralisierung das außerordent-

lich sensible Puffersystem des Speichels zur Wirkung (HITZ 1950, LILIENTHAL 1953, WOLLRING 1957, PILZ 1980).

Unterschieden wird die chemische Pufferung von der Phasenpufferung (ERICSSON 1961). Erstere, auch anorganische Pufferung genannt (BUNKE 1949), beinhaltet neben dem Karbonat-Bikarbonat- das Phosphatpuffersystem. Die Phasenpufferung bewirkt die Elimination der flüchtigen sauren Substanz CO_2 aus dem Speichel. Sie läßt mit zunehmendem Alter nach. Desweiteren existiert ein organischer Puffer in Form von Eiweiß, Natriumeiweiß (BECKS 1928, KIRSTEN 1961, WILDEMANN 1962) und Mucoiden (LEHNERT 1968, TAATZ 1976).

Das Bikarbonat stellt die hauptsächliche Puffersubstanz dar und macht ca. 85 % der Gesamtpufferkapazität aus (HAUCK 1964, THIEMANN 1970). Es trägt im Rohespeichel 40 - 70 % und im aktivierten Speichel 64 - 84 % des Pufferungsvermögens (LILIENTHAL 1955a). Die Pufferung und damit letztlich der p_H-Wert des Speichels unterliegen verschiedenen Einflüssen (Tab. 3).

Tab. 3 Auswahl die Pufferkapazität beeinflussender Faktoren

Faktor	Pufferkapazität	Autoren
Speichelstimulierung	↑	DEWAR 1951, DREIREN u.M. 1953, KIRSTEN 1961
Schlaf	↓	BUNKE 1949
Nahrungsaufnahme	↑	WILIS u.M. 1936, KRASSE 1958, ERICSSON 1961
Eiweißdiät	↑	
Kohlenhydratdiät	↓	
CO_2-Gehalt des Blutes	ungeklärt	WILIS 1936, LAMMERS u.M. 1956
Geschlecht	ungeklärt	ANDERSSON 1972, KLOCK 1977
Alter	ungeklärt	ERICSSON 1959, KIRSTEN 1961, ANDERSSON 1974

Die Vielzahl der das Meßergebnis beeinflussenden Faktoren hat eine Reihe Autoren trotzdem zu der Behauptung veranlaßt, die Pufferkapazität eigne sich besser als der p_H-Wert des Speichels für Aussagen bezüglich der Kariesanfälligkeit (KARSHAN 1928, LAMMERS u.M. 1956, MANDEL 1974). Danach sollen kariesanfällige Probanden stets eine geringe und kariesresistente eine hohe Pufferkapazität besitzen (EKLUND 1946, MURACIOLLE 1955, KÖHLER 1960, KRÖNCKE 1961, MARLAY 1970).

LAMMERS u.M. (1956) bestätigen anhand ihrer Untersuchungen, daß eine hohe Pufferkapazität mit einem alkalischen Speichel-p_H-Wert verbunden und nur bei klinisch kariesresistenten Probanden anzutreffen ist. Demnach zieht eine schwache Pufferung einen intensiven p_H-Wert-Abfall nach sich. Erreicht er den kritischen Punkt, gehen Kalzium und Phosphate aus der Schmelzoberfläche in Lösung (ERICSSON 1961). Damit wird die Pufferkapazität zum kariesdisponierenden Faktor.

SELLMANN (1949) und GROSSNER (1977) sind jedoch der Auffassung, daß die potentielle Alkalität bei kariesresistenten Probanden nicht als Maß für die Kariesaktivität verwendet werden kann. HAFER (1953) und ENGLANDER (1958) konnten einen Zusammenhang von Pufferkapazität und Kariesanfälligkeit ebenfalls nicht nachweisen. Das ist zurückzuführen auf die hohe Bikarbonatkonzentration, besonders im Ruhespeichel (LILIENTHAL 1953), und die individuelle Prägung der Gesamtpufferkapazität (NITZ 1950, SAUERWEIN 1952, ERICSSON 1961).

Zahlreiche Untersuchungen belegen, daß der Speichel-p_H-Wert seinerseits Einfluß auf den Puffermechanismus hat (LILIENTHAL 1955, WAHLEUNG 1951). So ist die Pufferkapazität der einzelnen Systeme in den verschiedenen p_H-Wert-Bereichen unterschiedlich hoch. Das Karbonatsystem entwickelt seine maximale Pufferung bei $p_H = 6,3$ und das Phosphatsystem bei $p_H = 6,9$ (ERICSSON 1961, PILZ 1980). Kommt es zu einem erheblichen Anstieg der Wasserstoffionenkonzentration, werden das Eiweiß und die anderen puffernden Substanzen herangezogen (SELLMANN 1949). Ihr Anteil an der Gesamtpufferkapa-

zität beträgt allerdings kaum 15 % (TAATZ 1976, SCHMIDT 1982). Nach SULLIVAN (1950) und ERICSSON (1961) nimmt die Pufferung jedoch mit steigendem Speichel-p_H-Wert zu.

Des weiteren wurde festgestellt, daß der Puffermechanismus erst mit der Sekretion wirksam wird (BUNKE 1949). Der sinkende p_H-Wert des Speichels stimuliert die Speichelsekretion (MATHIS 1938), in deren Folge nicht nur eine Verdünnung eintritt, sondern verstärkt Puffersubstanzen sezerniert werden, die bis zur Einstellung des Ruhe-p_H-Wertes wirken (BUNKE 1949, PILZ 1980, LAMBERTS u.M. 1983). Die dafür notwendige Zeit wird sehr unterschiedlich angegeben (JUNG 1933, SAUERWEIN 1962). Allerdings kann ein langandauernder Reiz, verbunden mit einer hohen Wasserstoffionenkonzentration auch zur Erschöpfung des Puffers führen. Das wiederum verursacht einen nachhaltigen p_H-Wert-Abfall gegenüber dem Ausgangswert (WOLLRING 1957).

BUNKE's (1949) Untersuchungen belegen, daß sich die Zahl der kariösen Zähne proportional zu der für die Pufferung beanspruchten Zeit verhält. Er erklärt das damit, daß mit sinkendem Speichel-p_H-Wert die Pufferung schwächer und langsamer verläuft. Der Schmelz ist somit länger dem sauren, demineralisierenden Milieu ausgesetzt. Die Folge kann eine erhöhte Plaquebildung und erhöhte Kariesanfälligkeit sein. In diesem Zusammenhang scheint es erwähnenswert, daß der Speichel eine größere Wasserstoffionenkonzentration (KLEINBERG 1964, SCHMIDT 1982) und eine geringere Pufferkapazität als die Plaque aufweist (LILIENTHAL 1953, FORSCHER zit. b. LEHNERT 1968).

Zusammenfassend muß festgestellt werden, daß bisherige Untersuchungen zu keiner eindeutigen Klärung der Beziehung Speichel-p_H-Wert und Pufferung geführt haben. Offensichtlich wird der p_H-Wert des Speichels durch das Puffersystem stabilisiert. Es ist nicht gänzlich auszuschließen, daß auch die Pufferkapazität durch den p_H-Wert beeinfluß wird und somit eine gewisse Wechselwirkung vorhanden ist.

2.5.2. Speichelsekretion

Die Stimulierung der Speichelsekretion ist neben den Puffersystemen Bestandteil des Neutralisierungsmechanismus. Sie wird charakterisiert durch die physikalischen Eigenschaften Fließrate und Viskosität. Ziel zahlreicher Untersuchungen war nicht nur die Bestimmung der Mittelwerte dieser Größen unter physiologischen und pathologischen Bedingungen, sondern auch die Betrachtung ihrer Wechselbeziehung zum p_H-Wert des Speichels. Allgemein anerkannt ist heute die Tatsache, daß der Speichelfluß reflektorisch durch nutritive, psychische, mechanische und chemische Reize ausgelöst wird (KRANZ 1922, HUBER 1961, PILZ 1980). Ohne Einwirkung auf den Gesamtmechanismus des Stoffwechsels ist keine wahrnehmbare oder andauernde Veränderung des Chemismus der speichelsekretorischen Prozesse zu erwarten (BUNKE 1949, BEGELMANN 1952). Es wurde allerdings auch eine Vielzahl der die Fließrate mehr oder weniger beeinflussenden Faktoren nachgewiesen (Tab. 4).

Tab. 4 Veränderung des p_H-Wertes, der Fließrate und der Viskosität des Speichels unter Einfluß verschiedener Faktoren (Auswahl nach Literaturangaben)

Faktor	p_H-Wert	Fließrate	Viskosität	Autoren
Alter	↑↓	↑↓	↑↓	KRÖGER 1961, ANDERSSON 1974
Zorn, Furcht	↓	↓	↑	KLEMEN 1961
Nahrungsaufnahme	↑	↑	↓	KANTOROWICZ u.M. 1953
verschiedene Diät	↑↓	↑↓	↑↓	MÄKINEN 1976
Umgebung		↑↓	↑↓	DAWES 1974
anatom. Besonderheiten der Speicheldrüsen				
Zeit Tages-, Wochen-, Jahresrhythmus				HANSON 1961, HUBER 1961, LEHNERT 1968, DAWES 1974
künstliche Stimulierung/allg.	↑	↑	↓	BLACK 1914, JUNG 1933, ERICSSON 1954
N. symp.			↑	SHANNON 1960, LEHNERT 1968, THIEMANN 1970, KJELLMANN 1970, FISCHER 1956, TAATZ 1976
N. parasymp.-			↓	

Daraus ergibt sich insbesondere die Frage, welche Speichelqualität für wissenschaftliche Untersuchungen geeignet ist. Die überwiegende Mehrzahl der Autoren lehnt jede künstliche Stimulierung ab, weil sowohl jeder kurzzeitige als auch jeder kontinuierliche Reiz von unterschiedlicher Wirkung sind und z.B. den Speichel-p_H-Wert ungleichmäßig verändern (SCHMIDT-NIELSEN 1946, LUPER 1961, LEHNERT 1968).

Allgemein gilt, daß jeder Reiz eine erhöhte Salivation und einen Alkalischub, d.h. Anstieg des Speichel-p_H-Wertes zur Folge hat (SHANNON 1960, THIENHAUS 1970, KJELLMANN 1970). Das Ausmaß hängt jedoch direkt von Stärke und Art des Reizes (JUNG 1933, KLEEMEN 1961) sowie dem p_H-Wert des stimulierenden Faktors ab (PILZ 1980). Deshalb auch schwanken in der Literatur die Angaben über den möglichen Anstieg des p_H-Wertes stimulierten Gesamtspeichels gegenüber dem Ruhewert erheblich. Sie liegen zwischen 0,2 p_H-Einheiten (SCHMIDT-NIELSEN 1946), 0,5 p_H (HANSON 1961) und durchschnittlich 1,5 p_H für von Kindern gewonnenen Speichel. LAGERLÖF u.M. (1982) sprechen nur allgemein von einem exponentiellen Anstieg des Speichel-p_H-Wertes bei zunehmender Fließrate. ANDERSSON (1949) und LEHNERT (1968) weisen sogar eine Korrelation nach, unterstreichen aber gleichzeitig, daß weder aus der durchschnittlichen Tagessekretionsmenge noch aus dem Vergleich von Fließrate und p_H-Wert des Speichels auf die Speichelqualität und die Kariesanfälligkeit zu schließen ist.

Andererseits ist bekannt, daß der Abfall der Fließrate gegen 0 bzw. eine Speicheldrüsenexstirpation mit einem erheblichen Anstieg der Zahl kariöser Zähne einhergeht (ROZEIK 1958, PILZ 1980). Abgesehen von derartigen Ausnahmesituationen läßt sich eine Abhängigkeit des Kariesbefalls von der Fließrate nicht hinreichend belegen (CUSHMANN 1940, ERICSSON 1954, ENGLANDER u.M. 1958, BRINCK 1960, AHRENS 1961). Die Fließratenbestimmung als Test für die Kariesanfälligkeit wird abgelehnt (ROZEIK 1958, CROSSNER u.M. 1977). Diese Angaben bestätigen die Feststellung BEGELMANN's (1952), daß zwar im Komplex der kariesfördernden Faktoren die größte Rolle die Pathologie der Speichelsekretion spielt, die Änderungen der Speichelqualität aber lediglich ein Teil der pathologischen Kette sind.

Ein zweiter, die Speichelsekretion charakterisierender Faktor ist die Viskosität. Allgemein gilt, daß die Viskosität, da sie eng mit der Fließrate zusammenhängt, von den gleichen Faktoren beeinflußt wird (Tab. 4). BECKS (1928) und KÖHLER (1960) wiesen nach, daß hochvisköser Speichel immer eine höhere Wasserstoffionenkonzentration hat als nieder- oder mittelvisköser Speichel, deren p_H-Werte im perineutralen Bereich liegen. REHM (1934) konnte dagegen keine Beziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert und der Viskosität finden. Ebenfalls nicht eindeutig geklärt werden konnte die Frage, welcher Viskositätsgrad die Kariesanfälligkeit begünstigt (BLACK 1914, ERICSSON 1954, KRÖGER 1961). Es wurde jedoch festgestellt, daß hochvisköser Speichel CO_2 länger bindet und das Aufällen von Kalziumphosphaten verhindert (WEBER 1958, RÖSLER 1961, LEHNERT 1968) sowie die Plaqueretention begünstigt. Personen mit dünnflüssigem Speichel weisen dagegen häufiger Zahnstein als Plaque auf, da hier die Muzinkonzentration wesentlich geringer ist (LEHNERT 1968, KRÖGER 1961).

Aus der Literaturzusammenstellung wird deutlich, daß die Mehrzahl der Autoren eine Erhöhung des Speichel-p_H-Wertes infolge steigender Fließrate und sinkenden Viskositätsgrades anerkennen. Ein Zusammenhang von Speichelsekretion und p_H-Wert des Speichels aber konnte nicht hinreichend bewiesen werden.

2.6. Speichel-p_H-Wert und Periodontopathien

Veröffentlichungen zur Frage nach einem möglichen Zusammenhang von p_H-Wert des Speichels und Erkrankungen des Periodonts gibt es nur in geringer Zahl und mit sehr widersprüchlichen Aussagen. GONDZIK u.M. (1968) kamen aufgrund ihrer Untersuchungen zu der allgemeinen Feststellung, daß Periodontopathien unabhängig von der Reaktion des Speichels auftreten. Sie bestätigen damit ältere Veröffentlichungen (STEFFENSMEIER 1934, REHM 1934, RIEH 1936), wonach eine ätiologische Beziehung zwischen p_H-Wert-Änderungen und Erkrankungen des marginalen Periodonts auszuschließen ist. Andere Autoren geben an, daß der p_H-Wert des Speichels von Probanden, die eine Periodontopathie haben, einen größeren Bereich umfaßt, ohne deutlich niedriger oder höher als der Gesunder zu sein (BUCHER 1956, PESCHKOVA u.M. 1982). Im Gegensatz dazu fand HAFER (1953) bei allen Patienten mit Periodonterkrankungen eine Alkalisierung des Speichels.

Zahlreiche Autoren erkannten, daß die Frage nach der Bedeutung des Speichel-p_H-Wertes nicht für Periodontopathien allgemein zu klären ist, sondern getrennt für Gingivitis/Periodontitis und Periodontatrophie. Die Untersuchungen von FISCHER (1956) und HELLMICH (1967) führten zu einer klaren Negierung eines direkten Zusammenhanges zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem Entzündungsgrad von Gingiva und marginalem Periodont. Auch ZUHRT (1984) spricht sich deutlich gegen eine kausale Beziehung im Sinne der Ätiologie zwischen Veränderungen des Speichels (Mundhöhlenflüssigkeit) und dem Auftreten und der Progression von Gingivitiden aus. Demnach sind Veränderungen der Qualität und Quantität des Speichels eher Ergebnis als Voraussetzung pathologischer Prozesse in der Mundhöhle.

Nur wenige Autoren konnten den Einfluß von entzündlichen Veränderungen der Gingiva auf den Speichel-p_H-Wert mit Meßergebnissen belegen. Danach führen die Stomatitis ulcerosa und eine Periodontitis zu einer Alkalisierung des Speichels (SAUERWEIN 1961, HELKEN 1973), eine akute Entzündung der Gingiva dagegen zu einem deutlichen p_H-Wert-Abfall (KIRSCH 1963). WIEMANN (1962) schränkt jedoch ein, daß die angegebenen Meßwerte nicht diagnostisch verwendbar sind.

Ebenso ungeklärt ist der Zusammenhang von Speichel-p_H-Wert und Periodontatrophie. Nach ZUHRT/KLEBER (1983) dürfte der Speichel qualitativ und quantitativ dem periodontgesunder Probanden entsprechen. GASSER (1951) und NIKITINA u.M. (1982) stehen jedoch auf dem Standpunkt, daß frühe Stadien der Periodontatrophie eine höhere Wasserstoffionenkonzentration kennzeichnet als fortgeschrittene. Ungeachtet dessen, schließt CZERMAK (1948) eine ätiologische Beziehung aus.

Damit bleibt die Frage nach der Rolle des Speichel-p_H-Wertes in der Pathogenese der Periodontopathien ungeklärt. Selbst die gemessenen Differenzen im p_H-Wert von Probanden mit und ohne Erkrankungen des Periodonts waren sehr gering und lassen sich u.a. auf die Unterschiede in den Meßmethoden sowie den Untersuchungsbedingungen zurückführen. Die meisten Autoren betrachten darüber hinaus nur die lokalen Prozesse, ohne Berücksichtigung der Reaktivität des Gesamtorganismus.

2.7. Methoden zur Messung des p_H-Wertes des Speichels

Für die Messungen des p_H-Wertes biologischer Substanzen ergeben sich folgende besondere Anforderungen (SCHMACH 1980), denen man durch die ständige Vervollkommnung der Meßmethoden gerecht zu werden versucht:

1. Die Messungen müssen oft an kleinsten Mengen vorgenommen werden.
2. Die Abschirmung und Isolierung von unerwünschten Einflüssen hat eine größere Bedeutung und ist schwer zu realisieren.
3. Die Meßinstrumente müssen durch Hitze sterilisierbar sein.
4. Es ist eine hohe Reproduzierbarkeit zu gewährleisten.
5. Die Pufferlösungen, die zur Messung notwendig sind, müssen im neutralen Bereich liegen und bei verschiedenen Temperaturen gemessen worden sein.
6. Die Eichung der Meßkette sowie die Bestimmung des p_H-Wertes ist bei definierter Temperatureinstellung vorzunehmen (nach SCHMIDT 1967 liegt die Durchschnittstemperatur im Gebißbereich bei 34 ± 0,6 °C).

Die Methoden zur Messung des Speichel-p_H-Wertes haben eine außerordentliche Wandlung erfahren. Als älteste ist die Kolorimetrie oder Indikatormethode bekannt. Die einfachste Form stellt die Folienkolorimetrie dar. Die Verwendung von Lackmuspapier erlaubt zwar eine In-vivo-Bestimmung, ist jedoch für wissenschaftliche Zwecke unzureichend genau (MILLER 1889, FISCHER 1956, SAUERWEIN 1961, LAUDENBACH 1974). Eine Weiterentwicklung sind Lyphanstreifen. Sie werden sowohl für In-vitro- (MESSERLI 1946, NAUS u.M. 1967) als auch In-vivo-Messungen (BUNKE 1949, BAYRAKOV 1974 u.a.) verwendet und weisen eine Genauigkeit von 0,1 - 0,2 p_H auf, die nach BUNKE (1949) zu tolerieren ist. Zu den Vorteilen dieser Methode gehört die unkomplizierte Handhabung bei Reduzierung negativer Begleitfaktoren, wie z.B. CO_2-Verlust und instrumentelle Speichelstimulation (NAUS 1967, BUNKE 1949). Zahlreiche Autoren lehnen sie dennoch als zu ungenau ab (SCHMIDT-NIELSEN 1947, SAUERWEIN 1961 u.a.).

Nur zur In-vitro-Messung geeignet sind die Dauervergleichsreihen nach MICHAELIS (FISCHER 1956), die Tüpfelmethode nach TODT (GOLLNOW 1933 und 1935) und die Reaktion nach ZAMBRINI (BERGEMANN 1953).

Der Anwendungsbereich dieser Titrationsverfahren wird stark eingeschränkt durch den trotz Paraffinabdeckung der Speichelproben (LIANG 1936 u.a.) auftretenden CO_2-Verlust, den Eiweißfehler, den sich auf durchschnittlich 2-p_H-Einheiten erstreckenden Umschlagsbereich zwischen den Farben und das subjektive Sehvermögen (FRUNDER 1951, FISCHER 1956, WOLLRING 1957, BERG 1960). Die Genauigkeit dieser Meßsysteme beträgt 0,2 p_H.

Wesentlich objektiver und geeigneter für wissenschaftliche Zwecke ist die Potentiometrie. Dieses elektrometrische Verfahren beruht auf den Nernstschen Gesetzen, die für sogenannte Konzentrationsketten entwickelt wurden (KALLHARDT 1925, FRUNDER 1951). Gemessen wird die Potentialdifferenz zwischen der von den Wasserstoffionen der unbekannten Lösung (hier Speichel) umspülten Meßelektrode (veränderliches Potential), und der Vergleichselektrode (konstantes Potential einer Pufferlösung bekannten p_H-Wertes). Die Potentialdifferenz ist somit das Maß für die Wasserstoffionenkonzentration (WOLLRING 1957, KLEMEN 1961). Beide Elektroden sind mit einem Potentiometer verbunden, aus dessen Anzeige der p_H-Wert ursprünglich über eine Eichkurve, heute aber direkt abzulesen ist (WEBER 1958, SCHWABE 1980). Anwendung fanden bisher verschiedene Elektroden. Die Chinhydronelektrode, auch Biilmann-Elektrode genannt (SCHMIDT-NIELSEN 1946), ist nur extraoral zu verwenden und weist eine Genauigkeit von 0,01 - 0,02 p_H (GOLLNOW 1933) bzw. 0,05 - 0,1 p_H (SAUERWEIN 1961) auf. In Verbindung mit einer Wasserstoffelektrode (KRANZ 1922, POHLE u.M. 1922, KALLHARDT 1928) ist sie in einem p_H-Wert-Bereich von 2,05 bis 8,0 einsetzbar (FISCHER 1956). Außerdem wurden Messungen des Speichel-p_H-Wertes mit Kalomelelektroden und Antimonelektroden durchgeführt (GOLLNOW 1935, STEPHAN 1944, FRUNDER 1951, KLEINBERG 1958a u.a.).

Die später entwickelte Glaselektrode enthielt eine Antimon-, Kalomel- oder Platinelektrode, war wesentlich handlicher und mit einer Meßgenauigkeit von 0,025 p_H exakter als ihre Vorgänger (KLEINBERG 1958a, SCHMIDT 1967). Allgemein wird die Genauigkeit der Glaselektroden mit 0,02 p_H (KLEINBERG 1980) bzw. 0,05 - 0,07 p_H (SAUERWEIN 1961) angegeben.

Während anfangs die Glaselektroden nur als Meßelektroden dienten, entwickelte sich daraus die Einstabmeßkette in Form der Mikroglaselektrode (BERG 1960, KLEMEN 1961), die sich besonders für In-vivo-Bestimmungen eignet, aber auch wie vor auch der p_H-Wert-Messung in entnommenem Speichel dient. Die Mikroglaselektrode variiert in der Form; grundsätzlich ist festzustellen - je kleiner die Elektrode, desto empfindlicher und genauer (WOLLRING 1957). Damit wird besonders der CO_2-Verlust und der Einfluß weiterer Faktoren vermindert (SCHMIDT-NIELSEN 1946, FRUNDER 1951). Zu ihren weiteren Vorteilen zählen:

- die universelle Einsatzmöglichkeit, besonders für Messungen unter physiologischen Bedingungen,
- die hohe Reproduzierbarkeit,
- die einfache und schnelle Durchführung,
- die Unabhängigkeit von Färbung und Trübung der Meßlösung,
- die Einsatzfähigkeit im p_H-Meßbereich von 0 bis 14,
- die Unempfindlichkeit gegen vorhandene Redoxsysteme und extreme Temperaturen (BERG 1960, SAUERWEIN 1961, SCHWABE 1980).

Nachteilig auf die Genauigkeit der Elektrode wirken sich Eiweiß- und Schmutzablagerungen aus, da diese sie träge werden lassen (FRUNDER 1951). Vor jeder Messung macht sich die Eichung der Meßgeräte mit Standardpuffern und die Einstellung der Meßtemperatur notwendig (BERG 1960, SAUERWEIN 1961). Eine Sonderform der elektrometrischen Messung stellt die in der Literatur einmal beschriebene Speichel-p_H-Telemetrie mit Hilfe der "Heidelberger Kapsel" dar (ROLL 1968).

In der Literatur wird auf weitere Methoden zur p_H-Wert-Messung hingewiesen (WOLLRING 1957, KLEMEN 1961, SCHWABE 1980). Dazu gehören die Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration aus der Reaktionsgeschwindigkeit (auch als katalytische Methode bezeichnet), der Leitfähigkeit des Speichels oder dem Gefrier- und Siedepunkt. Zusammenfassend ist festzustellen, daß in jüngster Zeit die Mehrzahl der Autoren der Speichel-p_H-Wert-Messung mittels Mikroglaselektroden den Vorzug geben, kolorimetrische Verfahren jedoch auch noch angewendet werden.

3. Wissenschaftliche Fragestellung

Aus der Literatur ist ersichtlich, daß weder die Frage nach einer direkten Beziehung zwischen der Karies und Periodonterkrankungen und dem p_H-Wert des Speichels, noch die Rolle des Speichel-p_H-Wertes bei der Pathogenese der Karies und Periodonterkrankungen eindeutig geklärt werden konnte. Bisherige Untersuchungen fanden unter wenig standardisierten Bedingungen statt und brachten nur bedingt aussagefähige und vergleichbare Ergebnisse.

Das Ziel vorliegender Untersuchung ist, zur Klärung der disponierenden Rolle des Speichel-p_H-Wertes bei der Pathogenese der Karies und Periodonterkrankungen beizutragen.

Folgende Hypothesen liegen ihr zugrunde:

1. Der Speichel-p_H-Wert bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 10 bis 17 Jahren ist weder geschlechts- noch altersspezifisch.
2. Zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem Kariesbefall besteht keine Abhängigkeit, ein Zusammenhang ist jedoch möglich.
3. Die Beziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert und der Mundhygiene ist nicht durch Abhängigkeit gekennzeichnet. Die Speichelwasserstoffionenkonzentration kann aber für den OHI von Bedeutung sein.
4. Zwischen dem p_H-Wert des Speichels und dem Entzündungsgrad der Gingiva (PIc) besteht kein signifikanter Zusammenhang. Ein Einfluß des PIc auf die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels ist möglich.

4. Material und Methode

4.1. Materialerfassung - Speichelgewinnung und -messung

Für die Untersuchungen wurde in Auswertung der in der Literatur beschriebenen den p_H-Wert beeinflussenden Faktoren (s. Abschn. 2.1.) morgendlicher unstimulierter Nüchternspeichel verwendet. Von 70 definitiv gesunden Kindern und Jugendlichen des Kinderheims Berlin-Altstralau war er folgendermaßen zu gewinnen: Die Probanden begaben sich sofort nach dem Erwachen um 6.00 Uhr in das Arztzimmer des Hauses. Dort wurden sie auf Stühlen plaziert und aufgefordert, 5 Minuten lang (mit Stoppuhr gemessen) bei geschlossenem Mund Speichel zu sammeln. Die p_H-Wert-Bestimmung erfolgte elektrometrisch im unter der Zunge befindlichen Speichel und nahm ca. 1 - 2 sec. in Anspruch.

4.2. Meßmethode

Zur Bestimmung des p_H-Wertes des Speichels stand die Mikroglaselektrode EGA 801 N, die über ein Koaxialkabel direkt am Präzisions-Labor-p_H-Meßgerät MV 88 angeschlossen war, zur Verfügung. Diese Elektrode wird auch als Mikro-Glaseinstabmeßkette bezeichnet, da in ihr Meß- und Bezugselektrode zu einer Einheit verschmolzen sind. Sie besteht aus einem Glasschaft, an dessen unterem Ende die p_H-empfindliche Glasmembran konischer Form angeschmolzen ist. Der Membrankörper ist mit einer Pufferlösung konstanten p_H-Wertes gefüllt. Im Inneren des Glasschaftes ist ein zweites Glasrohr eingeschmolzen, das eine Silber/Silberchlorid-Ableitelektrode enthält, welche in die Innenfüllung vollständig eintaucht. Die an der Glasmembran entstehende Potentialdifferenz ist auf dem p_H-Meter als p_H-Wert abzulesen.

Vor Beginn jeder Meßreihe, sie bestand aus je 4 bis 6 Probanden, wurde das p_H-Meter mit den Standardphosphatpuffern $p_H = 4{,}0$ und $p_H = 6{,}88$ bei einer Temperatur von 20 °C geeicht und für die In-vivo-Messung entsprechend den Literaturangaben auf 35 °C umgestellt. Nach jeder Messung erfolgte eine Reinigung der Elektrode mit Aqua destillata und 70 %igem Alkohol.

4.3. Zusatzuntersuchungen

Außer der morgendlichen p_H-Wert-Messung wurden alle 70 Kinder und Jugendlichen einer stomatologischen Untersuchung mit Spiegel und Sonde bei ausreichend genormter Beleuchtung unterzogen. Weitere anamnestische Daten wurden in einer von der Forschungsgruppe "Bedingtheit des resistenten Schmelzes" der Poliklinik für konservierende Stomatologie, der Sektion Stomatologie des Bereiches Medizin (Charité) der Humboldt-Universität zu Berlin erarbeiteten Befunddokumentation erfaßt (siehe Anlage).

Ermittelt wurden der DMF/T- und DMF/S-Wert für jeden untersuchten Probanden.

Der Bewertung des Periodontzustandes lag eine Modifikation des Parodontopathie-Index nach KÖTZSCHKE zugrunde. Unter Berücksichtigung des Entwicklungsstandes der Kinder und Jugendlichen beschränkte man sich auf die Erstellung des Partial-Index PIe und erfaßte damit nur die Gingivitis. Bewertet wurden die Blutungsneigung der Gingiva sowie die entzündlichen Veränderungen des papillären, marginalen und alveolären Periodonts folgender Zähne: 16, 21, 24, 36, 33, 32, 31, 41, 42, 43, 44. Daraus ergibt sich für PIe:

$$PIe = \frac{s \cdot 100}{n\ (25 - 8)},$$

wobei n die Anzahl der untersuchten Zähne und s die Summe aller in der entsprechenden Tabelle dokumentierten Zahlen ist.

Die Beurteilung der Mundhygiene der Kinder und Jugendlichen erfolgte mit Hilfe des Oral-Hygiene-Index (OHI) von Green und Vermillion (SCHMIDT u.M. 1981). Dabei entfiel aufgrund des Alters der Probanden die Registrierung des Zahnstein-Index. Bestimmt wurde nur der Belag-Index (OHI-debris):

$$OHI = \frac{\text{Summe des Verschmutzungsgrades}}{\text{Anzahl der Zahnflächen}}$$

Die Darstellung der Plaque erfolgte mit Hilfe einer basischen Fuchsinlösung und anschließender gründlicher Mundspülung mit lauwarmem Wasser. Danach wurden die vestibulären und oralen Flächen der Zähne 16, 21, 24, 36, 41, 44 beurteilt. Somit lagen

von 70 Probanden (Tab. 5) der Speichel-p_H-Wert und ein vollständiger stomatologischer Befund zur Auswertung vor.

Tab. 5 Aufteilung der Probanden nach Geschlecht und Alter

Geschlecht	Alter (in Jahren) 10 - 12	13 - 14	15	16	17	10 - 17
weiblich	4	1	5	13	9	32
männlich	5	9	8	12	4	38
Summe	9	10	13	25	13	70

Die Ordnung des gesammten Untersuchungsmaterials erfolgte nach den Kriterien:

1. Alter und Geschlecht,
2. Kariesbefall,
3. Mundhygiene,
4. Entzündungsgrad der Gingiva.

Kriterienabhängig erfolgte die Bildung von Untersuchungsgruppen.

4.4. Die statistische Bearbeitung

Die Auswertung der klinisch-experimentellen Ergebnisse wurde im Rechenzentrum des Institutes für Mathematik der Akademie der Wissenschaften der DDR vorgenommen. Sie erfolgte nach konventionellen statistischen Methoden.

Für alle Gruppen und Parameter wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen der Einzelwerte um den Mittelwert errechnet. Für den Vergleich der Mittelwerte zweier abhängiger Stichproben wurde der t-Test herangezogen.

Zur weiteren Absicherung der durch den t-Test erbrachten Ergebnisse erfolgte die statistische Bearbeitung des Materials nach der Methode der mehrdimensionalen Diskriminanz- und Varianzanalyse. Sie erlaubt eine Aussage darüber, ob sich die gebildeten Gruppen trennscharf unterscheiden. Zur Unterstützung dieser Aussagen wurde außerdem der U-Test verwendet.Des weiteren wurden alle Meßdaten der Clusteranalyse unterzogen. Das ist eine Methode, bei der mit Hilfe eines mathematischen Modells die Probanden unter Berücksichtigung der Gesamtheit ihrer klinischen Daten gruppiert werden.

5. Ergebnisse

5.1. Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter der Kinder und Jugendlichen

Die Speichel-p_H-Werte der 70 Probanden im Alter von 10 bis 17 Jahren liegen im Bereich von p_H = 5,55 bis p_H = 6,80. Der mittlere Speichel-p_H-Wert und die Standardabweichung beträgt 6,36 ± 0,22. Die überwiegende Zahl der Speichelproben weist einen p_H-Wert zwischen 6,22 und 6,66 auf. Lediglich 6 Probanden fallen durch extreme Speichel-p_H-Werte unter 6,0 bzw. über 6,7 auf (Tab. 1 im Anhang).

Anhand vorliegender Untersuchung ist weder eine Geschlechts- noch eine Altersabhängigkeit des Speichel-p_H-Wertes nachweisbar. Die p_H-Werte der Jungen unterscheiden sich kaum von denen der Mädchen. Sie weisen eine geringe Streubreite auf. Die etwas höheren Speichel-p_H-Werte der Mädchen sind eher auf individuelle Variationen als auf eine Geschlechtsspezifik zurückzuführen. Auch eine altersabhängige Gesetzmäßigkeit ist nicht abzuleiten. Die Signifikanzprüfung ergab keine Korrelation zwischen dem p_H-Wert des Speichels und dem Alter der Probanden. Die Variabilität der Wasserstoffionenkonzentration ist höher als die Differenzen zwischen den Altersgruppen und deutet auf individuelle Unterschiede im Speichel-p_H-Wert hin (Tab. 6).

Tab. 6 Die mittleren Speichel-p_H-Werte ($\bar{m}$) und Standardabweichung (s) in den Altersgruppen 10 bis 17 Jahre unter Berücksichtigung des Geschlechts der Probanden

Alter (Jahre)	Speichel-p_H-Wert männlich Anzahl	$\bar{m}$ ± s	Anzahl	weiblich $\bar{m}$ ± s	Anzahl	gesamt $\bar{m}$ ± s
10	0	-	1	6,78 -	1	6,78 -
11	2	6,30 0,17	1	6,65 -	3	6,42 0,22
12	3	6,31 0,26	2	6,36 0,16	5	6,33 0,21
10 - 12	5	6,31 0,10	4	6,54 0,10	9	6,41 0,20
13	3	6,28 0,13	0	-	3	6,28 0,13
14	6	6,32 0,22	1	6,51 -	7	6,35 0,05
13 - 14	9	6,31 0,17	1	6,51 -	10	6,33 0,19
15	8	6,33 0,23	5	6,35 0,20	13	6,34 0,22
16	12	6,39 0,53	13	6,37 0,39	25	6,38 0,29
17	4	6,35 0,18	9	6,31 0,26	13	6,32 0,25
Zus. Ø Alter 15,1	38	6,34 0,22	32	6,38 0,18	70	6,36 0,22

Die in Tab. 6 bereits zusammengefaßten 10- bis 12jährigen und 13- bis 14jährigen bilden jeweils eine Altersgruppe und werden mit den 15-, 16- und 17jährigen, im Unterschied zu den Jahrgängen (10 bis 17 Jahre), im weiteren als Altersgruppen A bis E bezeichnet:

A 10 bis 12 Jahre,
B 13 bis 14 Jahre,
C 15 Jahre,
D 16 Jahre,
E 17 Jahre.

5.2. Untersuchung der Beziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert von Kindern und Jugendlichen und ihrem Kariesbefall

Bereits die Zuordnung der absoluten Speichel-p_H-Werte zum jeweiligen DMF/T- und DMF/S-Wert der 70 Probanden macht deutlich, daß kein Kariesbefall durch seinen bestimmten Speichel-p_H-Wert gekennzeichnet ist (Abb. 1 und 2, S. 30 und 31).

Zur weiteren Klärung der Beziehung zwischen Speichelwasserstoffionenkonzentration und Kariesbefall wurden in Kenntnis der Unabhängigkeit des Speichel-p_H-Wertes vom Alter und Geschlecht der Probanden 4 Speichel-p_H-Wert-Gruppen (p_H-Wert-Gruppen) gebildet: Gruppe (1) umfaßt alle die Probanden, deren p_H-Wert kleiner als die Differenz aus dem Mittelwert aller Speichel-p_H-Werte und der Standardabweichung ist. Größer oder gleich dieser Differenz aber kleiner oder gleich dem Mittelwert sind die p_H-Werte des Speichels der Probanden in Gruppe (2). Weist der Speichel einen p_H-Wert größer als der Mittelwert, aber kleiner oder gleich der Summe aus Mittelwert und Standardabweichung auf, gehören die Probanden zur Gruppe (3). Größer als diese Summe $(\bar{m} + s)$ sind die Speichel-p_H-Werte der Probanden in Gruppe (4) (Tab. 7).

Tab. 7 Gruppeneinteilung der Probanden nach dem Speichel-p_H-Wert

Gruppe	1	2	3	4
Anzahl der Probanden	9	28	20	13
Speichel-p_H-Wert	$p_H < (\bar{m} - s)$	$(\bar{m} - s) \leq p_H \leq \bar{m}$	$\bar{m} < p_H \leq (\bar{m} + s)$	$p_H > (\bar{m} + s)$
	$< 6{,}13$	$6{,}13 - 6{,}36$	$6{,}37 - 6{,}58$	$> 6{,}58$

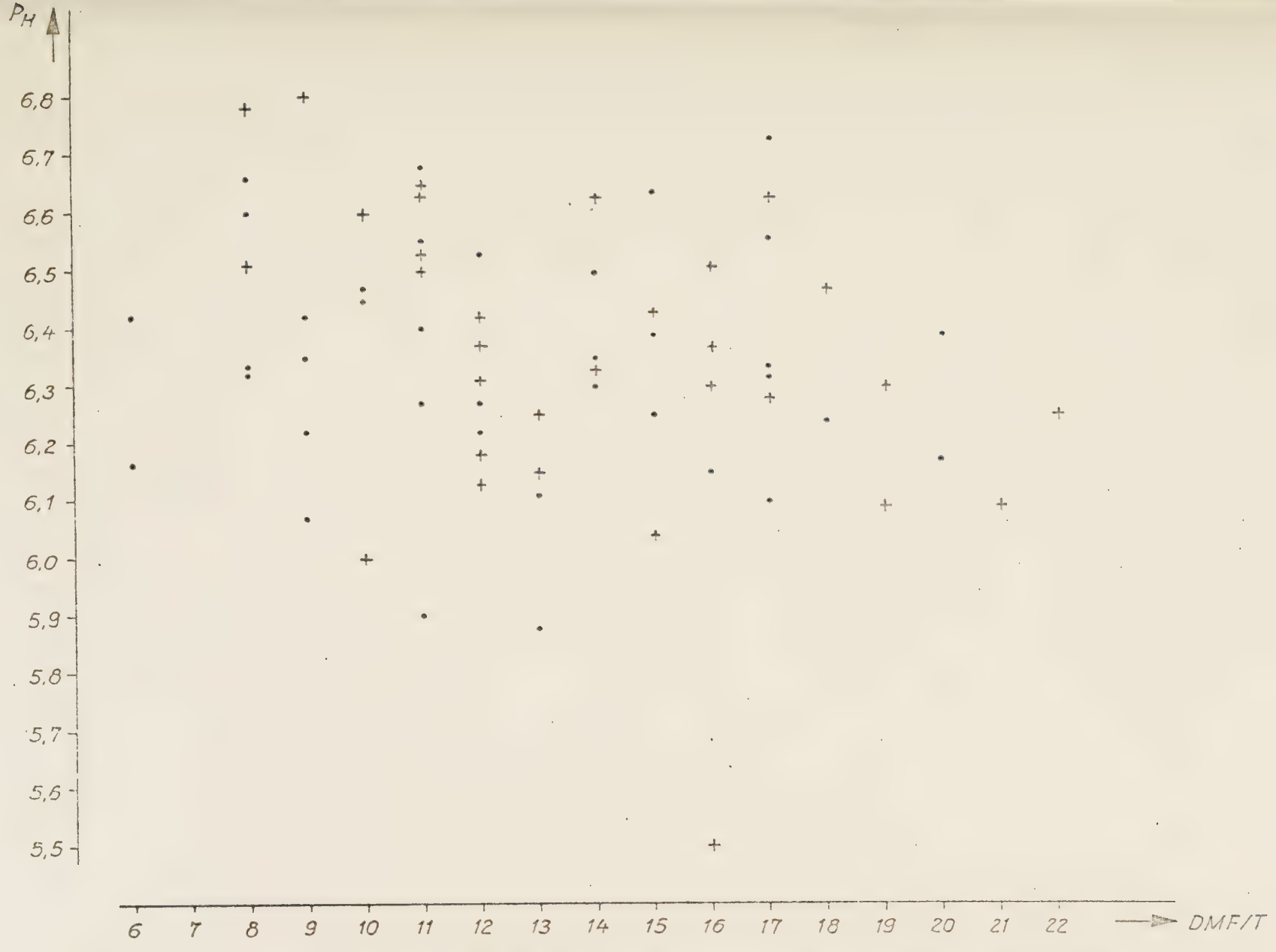


Abb. 1 Zuordnung der Speichel-P_H-Werte zum Kariesbefall (DMF/T) aller 70 Probanden
(• - Werte männlicher Probanden
+ - Werte weiblicher Probanden)

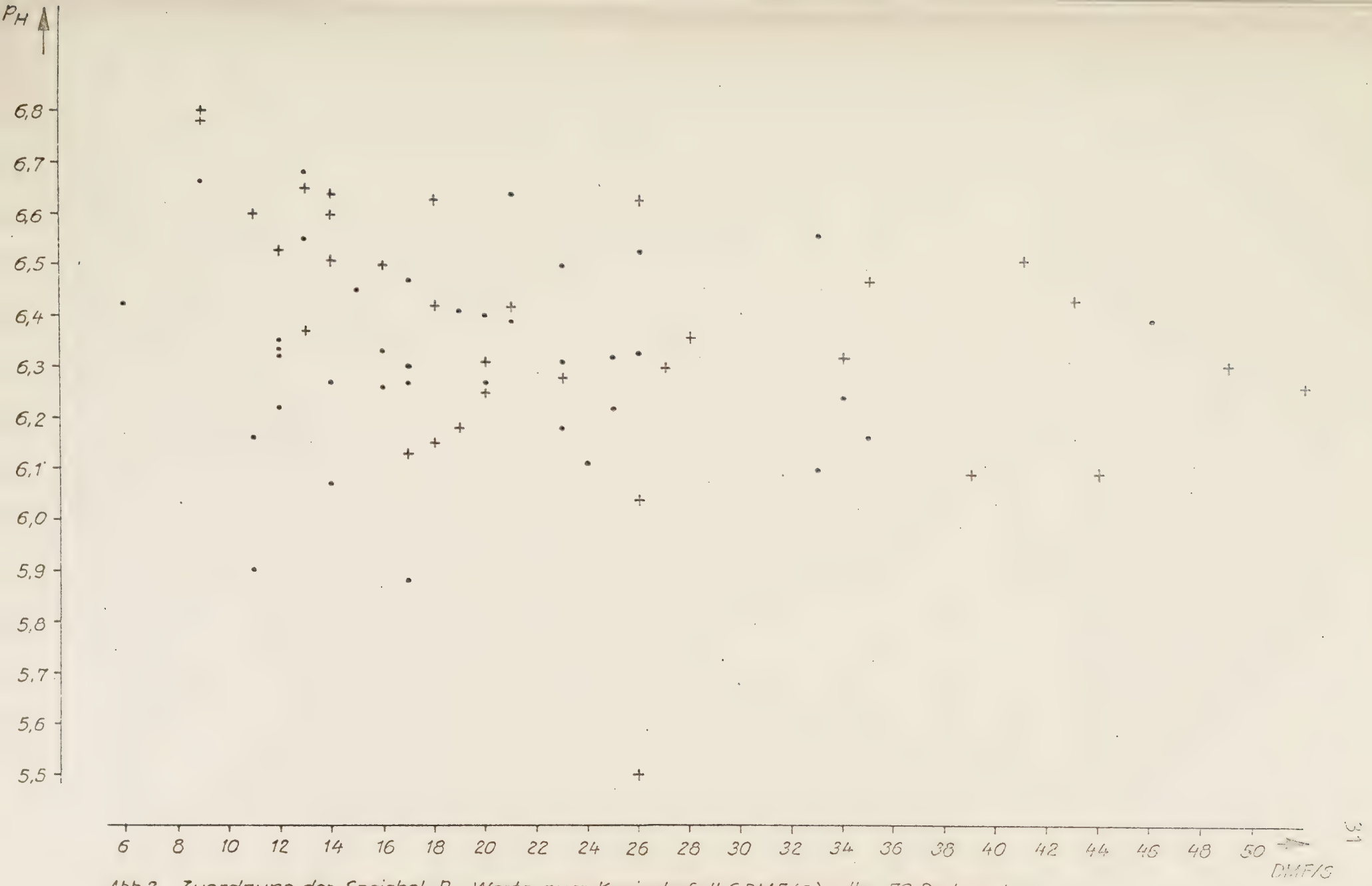


Abb.2 Zuordnung der Speichel-P_H-Werte zum Kariesbefall (DMF/S) aller 70 Probanden
(• - Werte männlicher Probanden
+ - Werte weiblicher Probanden)

Für das verwendete Untersuchungsmaterial ist eine Abhängigkeit des Kariesbefalls von Speichel-p_H-Wert zu verneinen. Die Differenzen in DMF/T- und DMF/D-Index zwischen den p_H-Wert-Gruppen sind gering und aufgrund der wesentlich höheren Variabilität des Kariesbefalls statistisch nicht gesichert. Diese Variabilität läßt auf erhebliche individuelle Unterschiede im Kariesbefall schließen. Erkennbar wird dennoch, daß mit steigendem Speichel-p_H-Wert der Kariesbefall zur Abnahme tendiert (Abb. 3, Tab. 8; Tab. 3 im Anhang).

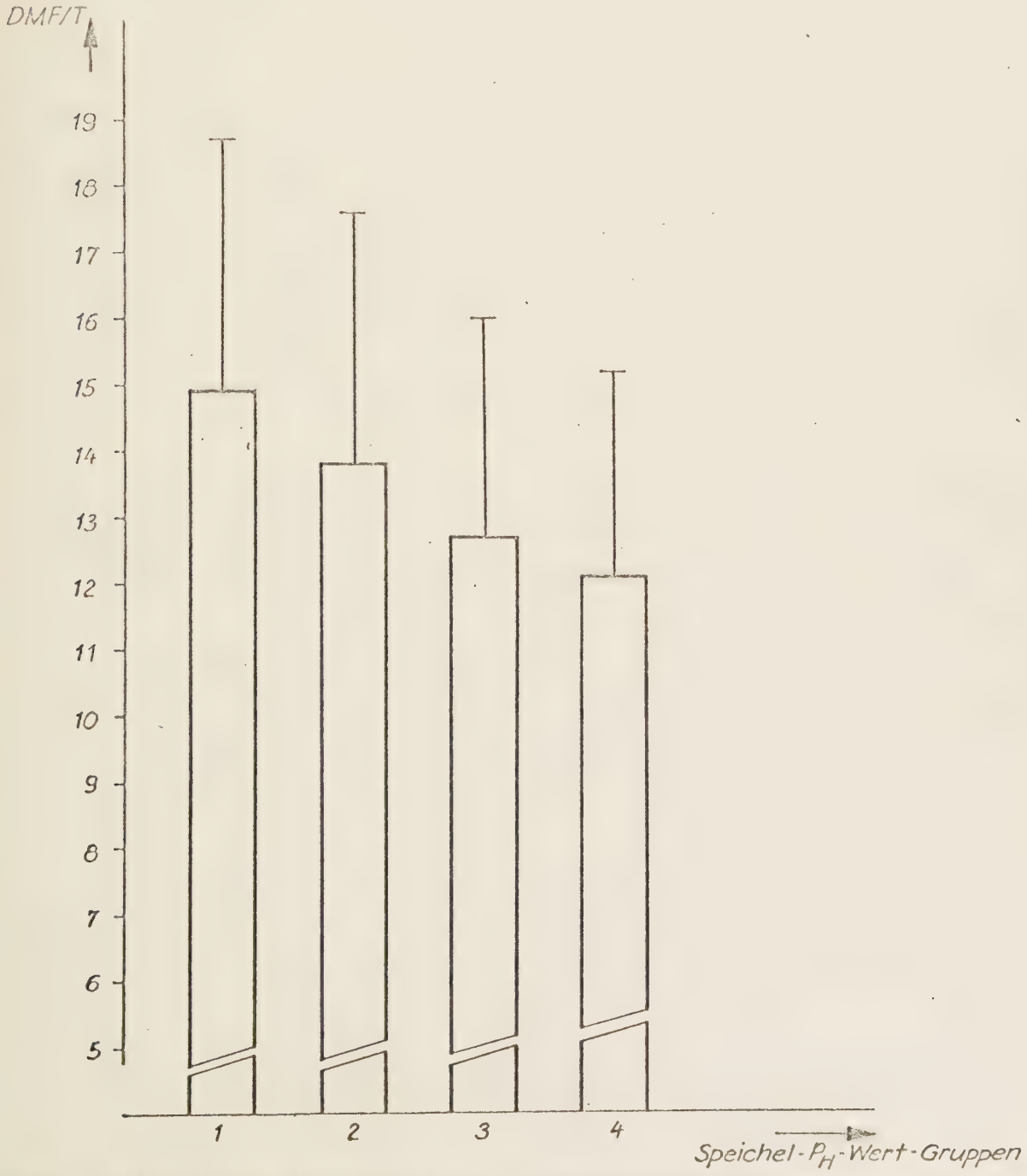


Abb. 3 Mittlerer Kariesbefall (DMF/T) mit Standardabweichung in den p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4

Tab. 8 Mittelwert und Standardabweichung des DMF/S-Index in den Speichel-p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4

p_H-Wert-Gruppe		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		9	28	20	13
Ø Alter		15,6	15,0	15,1	14,9
männlich/weiblich		5/4	17/11	11/9	5/8
DMF/S	$\bar{m}$	26,6	22,6	23,0	18,5
	s	11,2	10,6	11,2	10,0

Die vorliegende Untersuchung bestätigt die allgemein anerkannten altersspezifischen Veränderungen der DMF/T- und DMF/S-Werte. Die Gruppierung der Probanden entsprechend ihrem Alter (11 bis 17 Jahre) ergab mit zunehmendem Alter einen allgemeinen Anstieg des DMF/T- und DMF/S-Index (Abb. 4, Tab. 1 im Anhang). Die Signifikanzprüfung belegt die Abhängigkeit des Kariesbefalls (DMF/T) vom Alter der Probanden (P = 0,2619). Ebenfalls positiv korrelieren der DMF/T- und der DMF/S-Index (P = 0,8412).

Unter Berücksichtigung dieser Aussagen wurden die Probanden für die weitere Untersuchung der Beziehung des Speichel-p_H-Wertes zum Kariesbefall entsprechend ihrem DMF/T-Wert in 4 Gruppen eingeteilt: Die Kariesgruppe (1) umfaßt alle Probanden mit einem extrem geringen Kariesbefall. Die Probanden der Gruppe (2) charakterisiert ein niedriger, die der Gruppe (3) ein erhöhter Kariesbefall. In der Kariesgruppe (4) sind alle Probanden mit einem sehr hohen DMF/T-Wert erfaßt (Tab. 9 und Tab. 4 im Anhang).

Tab. 9 Gruppeneinteilung der Probanden nach ihrem DMF/T-Wert

Gruppe		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		9	25	25	10
DMF/T		DMF/T$<(\bar{m}-s)$	$(\bar{m}-s)\leq$DMF/T$\leq \bar{m}$	$\bar{m}<$DMF/T$\leq(\bar{m}+s)$	DMF/T$>(\bar{m}+s)$
	$\bar{m}$	9,7	11,1	14,6	18,7
	s	0,7	2,1	2,5	2,5

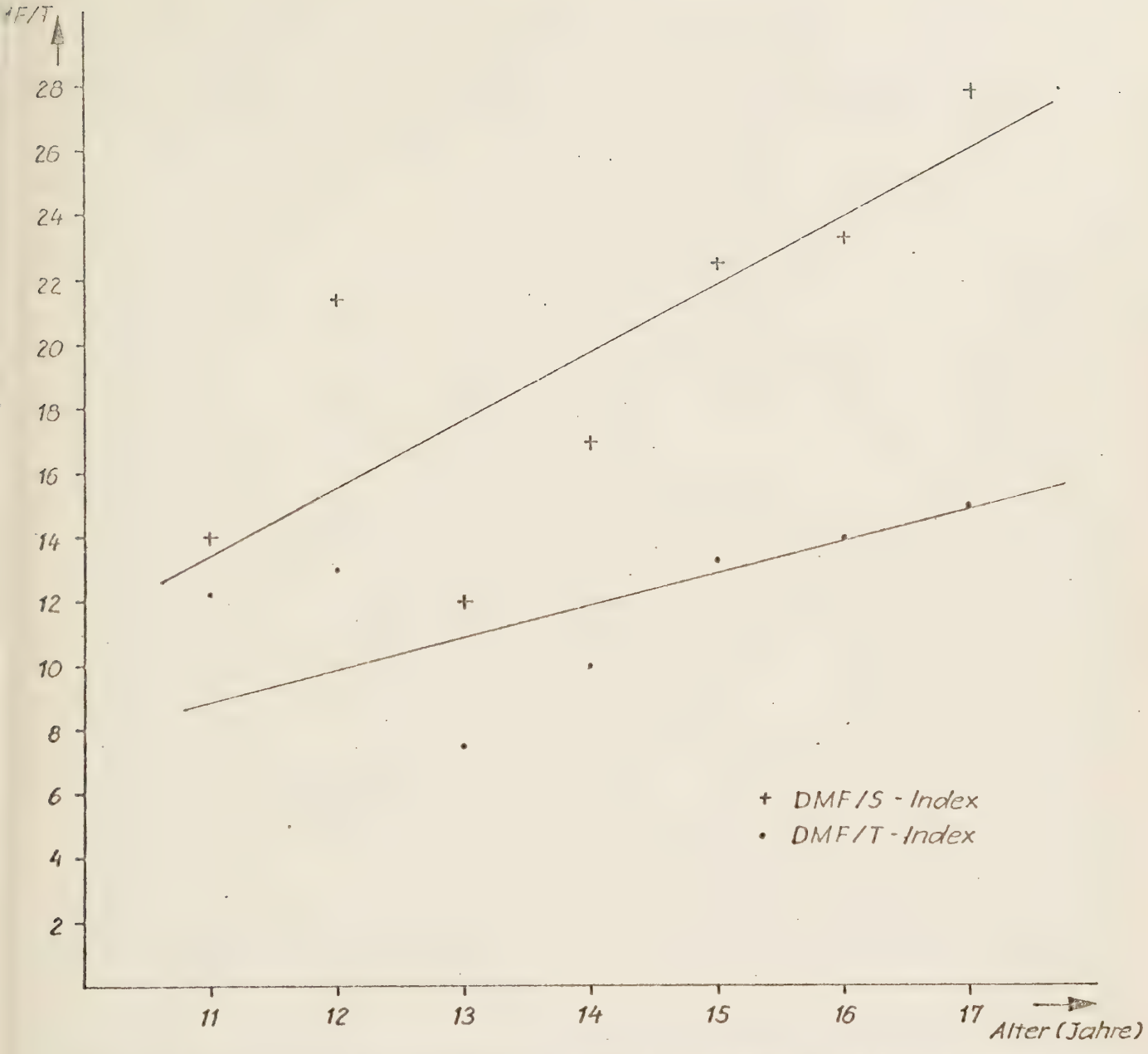


Abb. 4 Mittlerer Kariesbefall (DMF/T und DMF/S) in den Altersgruppen 11 bis 17 Jahre

Es ist festzustellen, daß für dieses Probandengut, auch bei Berücksichtigung des altersspezifischen Kariesbefalls, keine Abhängigkeit des Speichel-p_H-Wertes vom DMF/T- bzw. DMF/S-Index besteht. Die Speichel-p_H-Werte der Kariesgruppen unterscheiden sich nur wenig voneinander. Ihre Variabilität ist zum Teil wesentlich größer als die Differenzen zwischen den einzelnen Gruppen, die damit auch statistisch nicht zu sichern sind. Die hohe Variabilität der Speichel-p_H-Werte deutet wiederum auf individuelle Unterschiede in der Wasserstoffionenkonzentration des

Speichels hin. Ein Zusammenhang zwischen dem Kariesbefall und der Wasserstoffionenkonzentration besteht nur in der Tendenz zum Abfall des Speichel-p_H-Wertes bei Anstieg des DMF/T- und DMF/S-Index (Abb. 5, Tab. 5 im Anhang).

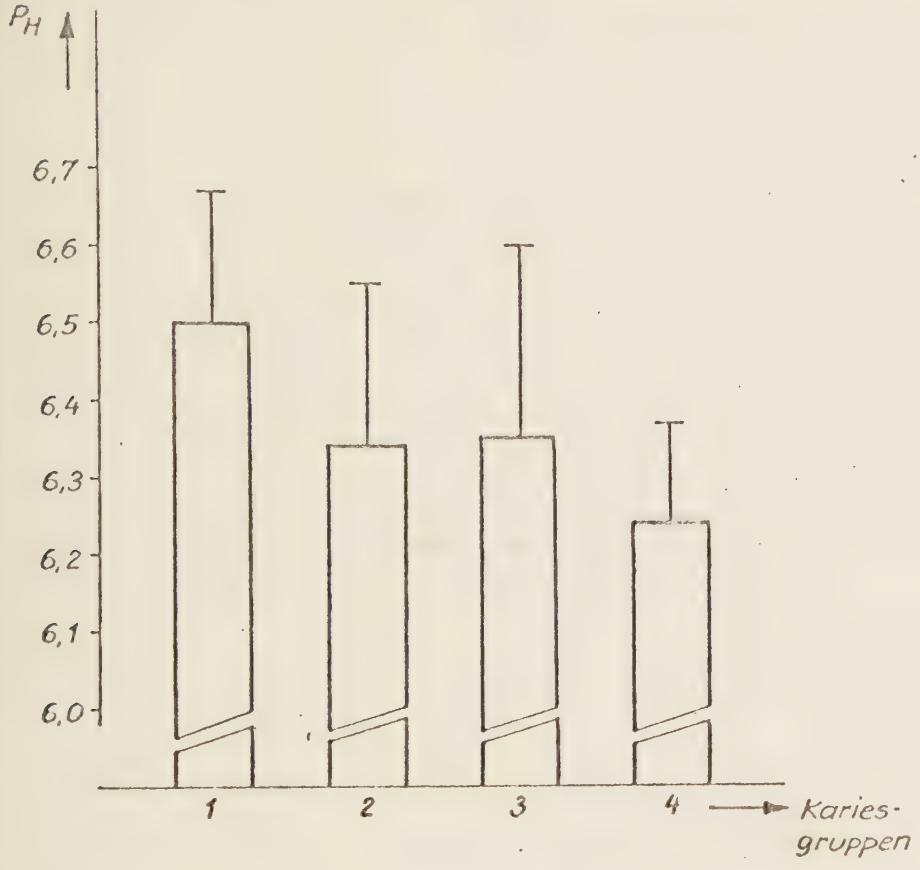


Abb. 5 Mittlere Speichel-p_H-Werte mit Standardabweichung in den Kariesgruppen 1 bis 4

5.3. Untersuchung der Beziehung des Speichel-p_H-Wertes zur Mundhygiene bei Kindern und Jugendlichen

Für die Klärung dieser Beziehung war eine Einteilung des Probandenmaterials in Gruppen entsprechend dem OH-Index vorzunehmen. Die Berücksichtigung des Alters der Probanden erwies sich als unnötig, da eine Abhängigkeit des OHI vom Alter nicht statistisch zu sichern war (Tab. 1 und 2 im Anhang). Der Mittelwert des OH-Index für die 70 Probanden beträgt 1,62 $\pm$ 0,24. Er ist die Grundlage für die Bildung von 4 OHI-Gruppen:

Die Probanden der Gruppe (1) kennzeichnet eine sehr gute Mundhygiene. In Gruppe (2) sind die Probanden mit guter und in Gruppe (3) mit befriedigender Hygiene der Mundhöhle erfaßt. Die Gruppe (4) enthält Probanden mit der größten Plaqueausdehnung (Tab. 10).

Tab. 10 Gruppeneinteilung der Probanden nach dem OHI

Gruppe	1	2	3	4
Anzahl der Probanden	12	29	19	10
OHI	OHI $< (\bar{m}-s)$	$(\bar{m}-s) \leq$ OHI $\leq \bar{m}$	$\bar{m} <$ OHI $\leq (\bar{m}+s)$	OHI $> (\bar{m}+s)$
	$< 1{,}38$	$1{,}38 - 1{,}62$	$1{,}63 - 1{,}85$	$> 1{,}85$

Für dieses Probandengut besteht zwischen dem p_H-Wert des Speichels und dem OH-Index kein statistisch gesicherter Zusammenhang. Die Speichel-p_H-Werte der OHI-Gruppen 1 bis 4 weisen nur sehr geringe Differenzen, aber eine wesentlich höhere Variabilität auf. Das läßt auf individuelle Unterschiede in der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels schließen. Eine Beziehung des Speichel-p_H-Wertes zum OH-Index deutet sich in der Tendenz zu steigendem p_H-Wert des Speichels bei Verschlechterung der Mundhygiene lediglich an (Abb. 6, Tab. 6 im Anhang).

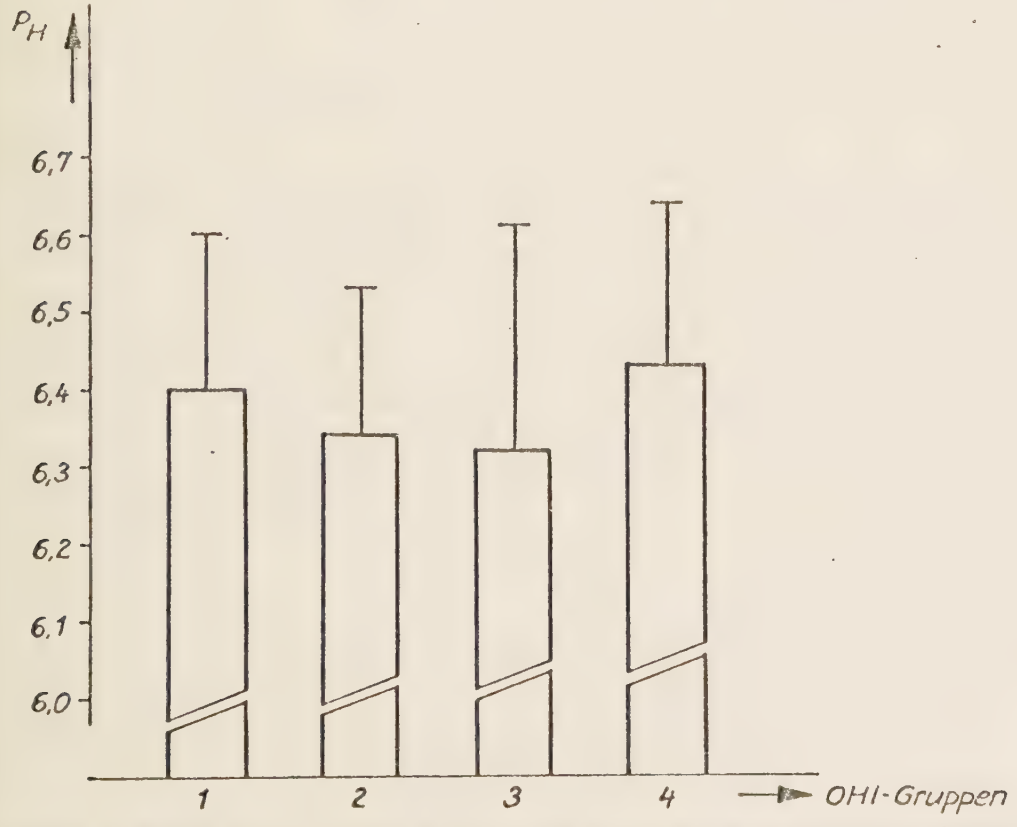


Abb. 6 Mittlere Speichel-p_H-Werte mit Standardabweichung in den Mundhygienegruppen 1 bis 4

Legt man der Untersuchung dieses Zusammenhanges die Speichel-p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4 (Tab. 7) zugrunde, wird diese Tendenz noch etwas deutlicher: Mit zunehmendem p_H-Wert des Speichels steigt der OH-Index allmählich an (Tab. 7). Eine Abhängigkeit, die auch statistisch zu sichern ist, besteht nicht.

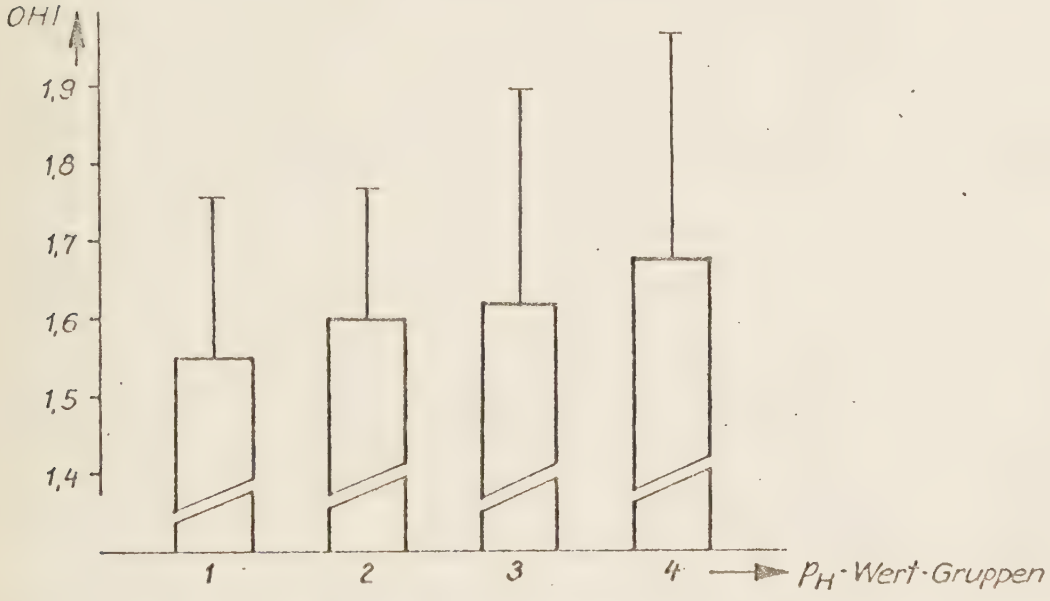


Abb. 7 OH-Index und Standardabweichung in den p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4

In diesem Zusammenhang wurde die Beziehung des OHI zum Kariesbefall untersucht. Dazu erfolgte die Gruppierung der Probanden einmal nach dem Kariesbefall (Tab. 9), das andere Mal nach dem OH-Index (Tab. 10). Das Ergebnis ist in beiden Fällen gleich: Es besteht nur die Tendenz zu erhöhtem Kariesbefall bei steigendem OHI, aber kein signifikanter Zusammenhang (Abb. 8 und 9, Tab. 5 und 6 im Anhang).

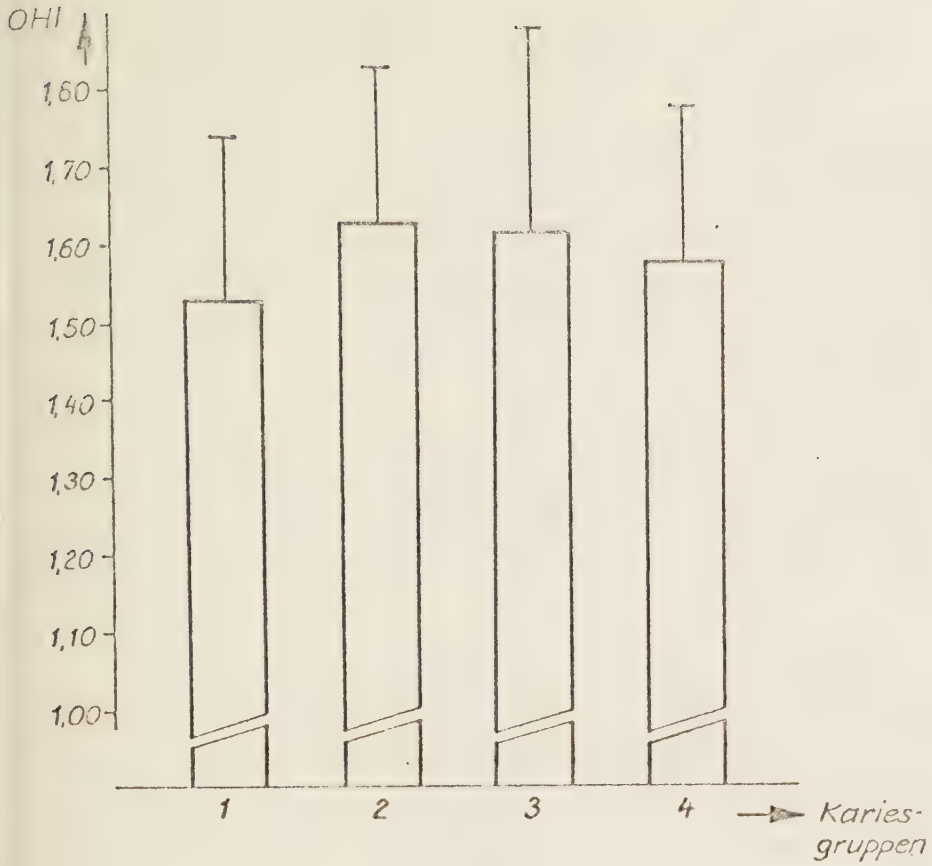


Abb. 8 OH-Index mit Standardabweichung in den Kariesgruppen 1 bis 4

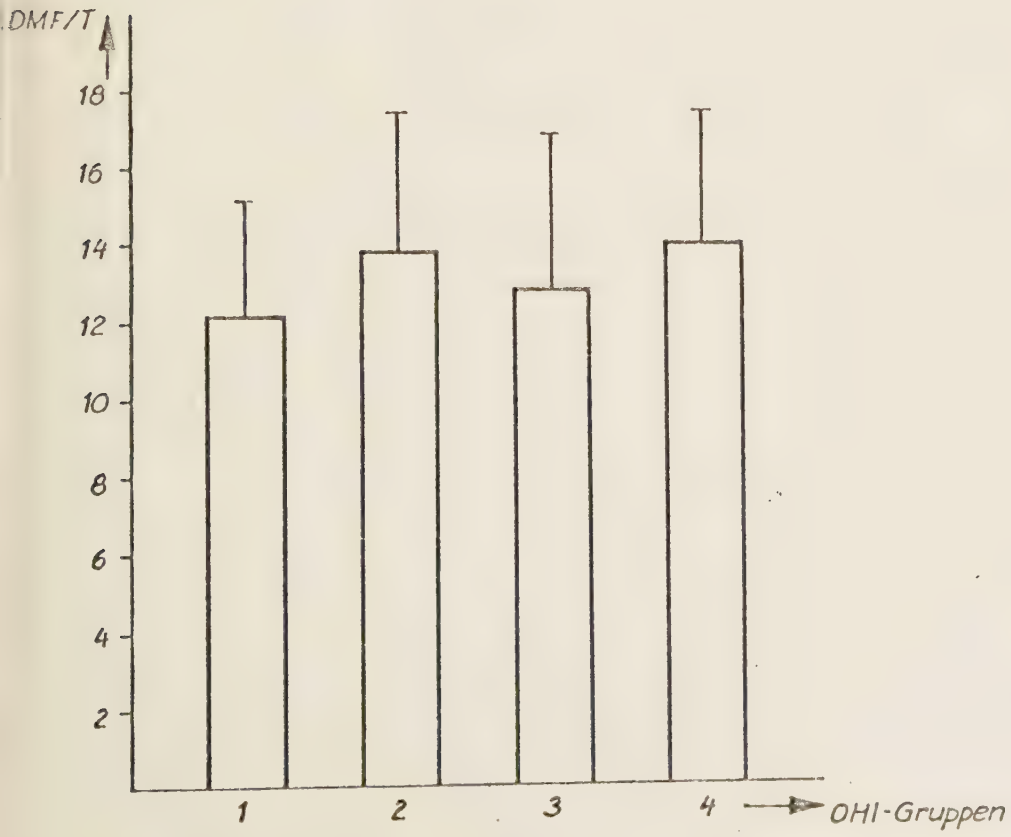


Abb. 9 Mittlerer Kariesbefall (in DMF/T) mit Standardabweichung in den OHI-Gruppen 1 bis 4

5.4. Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes in Abhängigkeit vom Entzündungsgrad der Gingiva

Für diese Untersuchung machte sich die Einteilung der Probanden entsprechend dem Entzündungsgrad der Gingiva notwendig. Da ein Zusammenhang zwischen dem Alter und dem PIe nicht nachzuweisen war, konnte das Alter der Kinder und Jugendlichen vernachlässigt werden (Tab. 1 und 2 im Anhang).

Der durchschnittliche PIe beträgt für die 70 Probanden 33,8 ± 11,8. Die Probanden wurden in die PIe-Gruppen 1 bis 4 eingeteilt (Tab. 11). Diese Gruppen sind durch folgende klinische Merkmale charakterisiert:

Gruppe (1) - klinisch gesunde Gingiva,

Gruppe (2) - scheinbar gesunde Gingiva (keine sichtbare entzündliche Rötung oder Schwellung, jedoch gelegentlich geringe Blutung nach Provokation);

Gruppe (3) - schwache Entzündung der Gingiva (entzündungsbedingte Farbveränderung der Zahnfleischpapille und/oder der marginalen Gingiva, häufig Blutung nach Provokation, vereinzelt leichte Schwellung der papillären Gingiva);

Gruppe (4) - deutlich ausgeprägte Entzündung der Gingiva (entzündungsbedingte Farbveränderung und leichte ödematöse Schwellung der papillären und marginalen Gingiva, Blutung nach Provokation, gelegentlich auch spontan).

Tab. 11 Gruppeneinteilung der Probanden nach dem PIe

Gruppe	1	2	3	4
Anzahl der Probanden	7	40	13	10
PIe	PIe $< (\bar{m}-s)$	$(\bar{m}-s) \leq$ PIe $\leq \bar{m}$	$\bar{m} <$ PIe $\leq (\bar{m}+s)$	PIe $> (\bar{m}+s)$
	$< 22,0$	22,0 - 33,8	33,9 - 45,6	$> 45,6$

Anhand vorliegender Untersuchung ist keine Abhängigkeit des Speichel-p_H-Wertes vom Entzündungsgrad der Gingiva nachweisbar. Die p_H-Werte des Speichels dieser Probanden unterscheiden sich in den PIe-Gruppen nur unwesentlich. Die Differenzen sind zum Teil er-

heblich kleiner als die Variabilität der Speichel-Wasserstoffionenkonzentration und lassen sich statistisch nicht sichern. Die Variabilität des Speichel-p_H-Wertes deutet auf individuelle Unterschiede in der Wasserstoffionenkonzentration hin. Die Untersuchung belegt lediglich, daß eine geringe Tendenz zu steigendem p_H-Wert des Speichels bei zunehmendem Entzündungsgrad der Gingiva besteht (Abb. 10, Tab. 7 im Anhang).

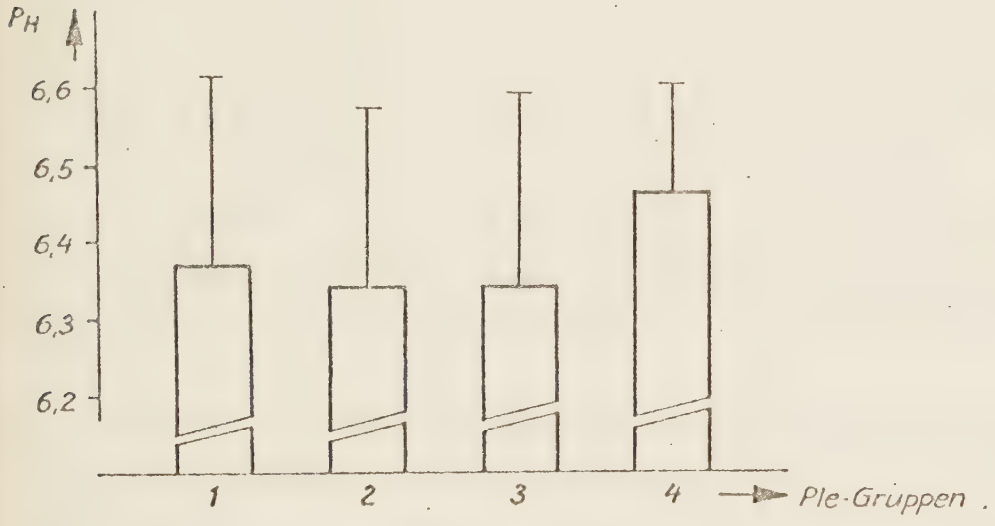


Abb. 10 Mittlerer Speichel-p_H-Wert mit Standardabweichung in den PIe-Gruppen 1 bis 4

Auch die Zugrundelegung der Speichel-p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4 führt zu keinem anderen Ergebnis. Die Variabilität der PIe-Werte weist auf erhebliche individuelle Unterschiede im Entzündungsgrad der Gingiva der erfaßten Probanden hin. Eine Abhängigkeit des PIe vom Speichel-p_H-Wert liegt nicht vor (Tab. 12).

Tab. 12 PIe mit Standardabweichung in den Speichel-p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4

p_H-Gruppen		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		9	28	20	13
PIe	$\bar{m}$	29,2	34,8	34,6	33,8
	s	11,1	11,5	13,6	10,7

In diesem Zusammenhang erfolgte eine Untersuchung der Beziehung zwischen dem Entzündungsgrad der Gingiva und der Mundhygiene. Dazu wurden die Probanden einmal nach ihrem PIe gruppiert (Tab. 11), zum anderen entsprechend ihrem OH-Index (Tab. 10) in 4 Gruppen eingeteilt.

Das Ergebnis ist in beiden Fällen das gleiche: Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem OH-Index und dem PIe. Sowohl der PIe als auch der OHI weisen in den jeweiligen Gruppen eine hohe Variabilität auf, die weit größer als die Differenz zwischen den PIe- bzw. OHI-Gruppen ist und auf erhebliche individuelle Unterschiede hindeutet. Die Differenzen zwischen den Gruppen sind nicht statistisch gesichert. Es besteht also nur die Tendenz eines Anstiegs des Entzündungsgrades der Gingiva bei Verschlechterung der Mundhygiene (Tab. 13, Tab. 7 im Anhang).

Tab. 13 PIe mit Standardabweichung in den OHI-Gruppen 1 bis 4

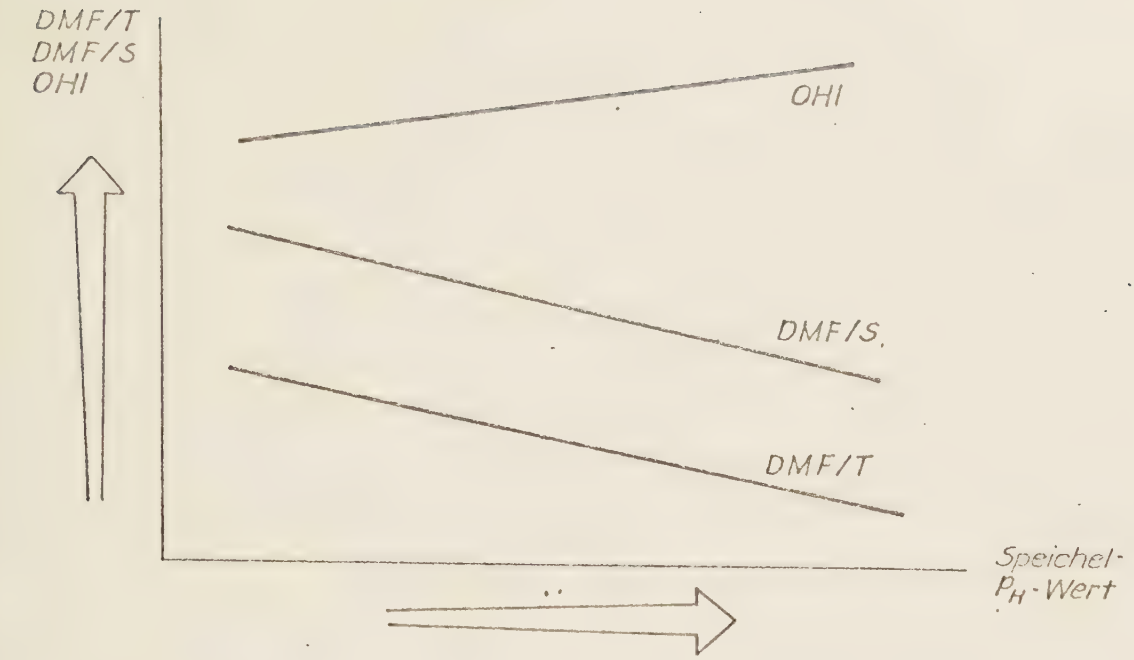
OHI-Gruppen		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		12	29	19	10
PIe	$\bar{m}$	33,2	33,9	33,8	34,5
	s	12,2	12,8	12,3	8,7

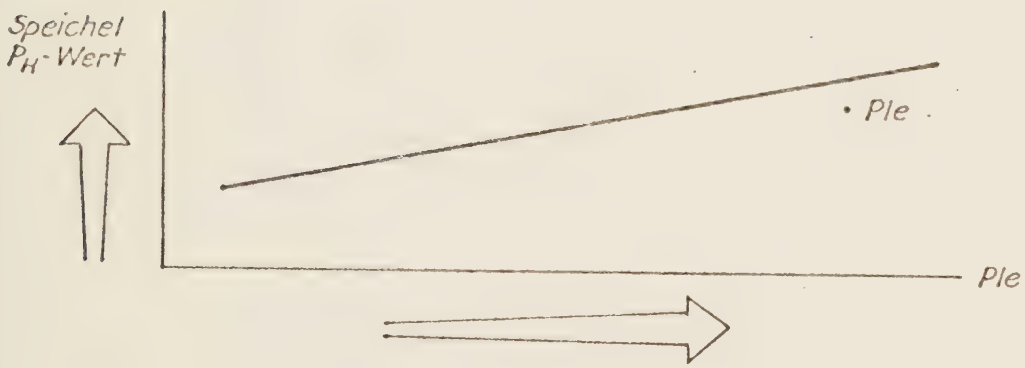
Zur Ergänzung der Ergebnisse, die mittels statistischer Bearbeitung des vorliegenden Untersuchungsmaterials nach standardisierten Methoden erbracht wurden, erfolgte die Anwendung der Clusteranalyse. Sie vergleicht nicht die einzelnen Parameter miteinander, d.h. untersucht nicht die Speichel-p_H-Wert-Abhängigkeit des Kariesbefalls, des OH-Index und des Entzündungsgrades der Gingiva, sondern stellt eine Komplexanalyse dar. Die Gesamtheit der zur Charakterisierung der stomatologischen Haupterkrankungen (Karies und Gingivitis) erhobenen Merkmale, die hierbei alle gleichwertig sind, wird betrachtet. Mittels mathematischen Modells erfolgte die Einteilung der Probanden in bis zu 12 Gruppen. Diese Gruppierung erwies sich jedoch als klinisch nicht relevant. Das läßt sich auf die Kleinheit der Stichprobe oder/und eine zu geringe

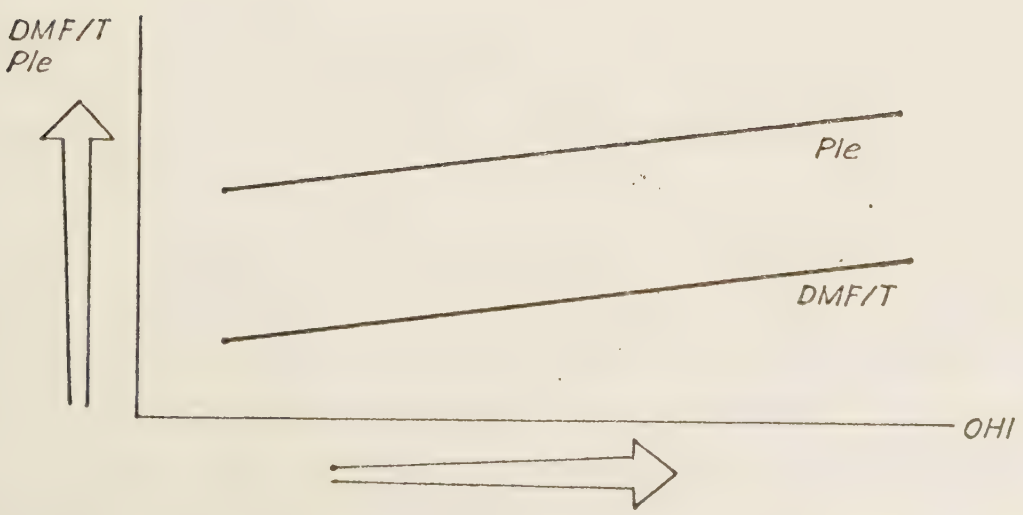
Zahl von Merkmalen für den klinischen Befund zurückführen. Die Clusteranalyse bestätigt damit die Ergebnisse vorliegender Untersuchung: Der Kariesbefall, der OH-Index und der Entzündungsgrad der Gingiva sind nicht allein mit dem p_H-Wert des Speichels zu begründen.

Zusammenfassend lassen sich für das verwendete Untersuchungsmaterial folgende Aussagen treffen:

1. Die Differenzen im Speichel-p_H-Wert der 70 Probanden im Alter von 10 bis 17 Jahren beruhen weder auf geschlechts- noch auf altersabhängigen Veränderungen des p_H-Wertes.
2. Zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem Kariesbefall besteht, auch unter Berücksichtigung der altersabhängigen Veränderung des DMF/T-Index der Kinder und Jugendlichen, kein signifikanter Zusammenhang. Die Tendenz zu einem geringeren DMF/T- und DMF/S-Index bei steigendem Speichel-p_H-Wert deutet jedoch einen gewissen Zusammenhang an.
3. Die Beziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert und der Mundhygiene kennzeichnet keine Abhängigkeit. In der Tendenz zu einem höheren OH-Index mit zunehmendem p_H-Wert des Speichels kommt eine gewisse Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration für die Plaqueausdehnung zum Ausdruck.
4. Zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem PIe besteht kein signifikanter Zusammenhang. Die Tendenz zu steigendem Speichel-p_H-Wert bei zunehmendem Entzündungsgrad der Gingiva läßt nur auf den möglichen Einfluß des PIe auf den p_H-Wert des Speichels schließen.
5. Die Bedeutung der Mundhygiene für den Kariesbefall und den Entzündungsgrad der Gingiva wird durch die Tendenz eines Anstiegs des DMF/T-Index und des PIe bei Verschlechterung der Mundhygiene erkennbar. Eine Korrelation liegt nicht vor.
6. Die große Variabilität aller erhobenen Parameter, wie Speichel-p_H-Wert, Kariesbefall, OH-Index und Entzündungsgrad der Gingiva, bei gleichzeitig sehr geringen Differenzen zwischen den Probandengruppen, deutet auf erhebliche individuelle Unterschiede hin.
7. Insgesamt sind folgende Tendenzen abzulesen:


DMF/T
DMF/S
OHI
OHI
DMF/S
DMF/T
Speichel-
P_H-Wert


Speichel
P_H-Wert
Ple
Ple


DMF/T
Ple
Ple
DMF/T
OHI

6. Diskussion der Ergebnisse

Untersuchungen des Speichel-p_H-Wertes und seiner Wechselbeziehungen zu Kariesbefall, Mundhygiene und Gingivitis sind an ganz bestimmte Bedingungen gebunden. Die Ergebnisse zahlreicher Autoren aber sind eben deshalb nur begrenzt vergleichbar, weil die p_H-Wert-Bestimmungen unter wenig standardisierten Bedingungen erfolgt und die angewandten Meßmethoden sehr unterschiedlicher Genauigkeit waren.

Die überwiegende Mehrzahl der Autoren führte In-vitro-Messungen durch, die schon durch den dabei auftretenden CO_2- und O_2-Austausch mit der Außenluft keine objektiven Meßdaten erbrachten. Aber auch bei In-vivo-Bestimmungen des Speichel-p_H-Wertes entstanden weitere Ungenauigkeiten infolge Verwendung von zu sehr unterschiedlichen Zeiten entnommenem Tagesspeichel sowie Speichelstimulierung.

Nur sehr wenige Autoren führten wie in der vorliegenden Arbeit In-vivo-Untersuchungen an morgendlichem unstimulierten Nüchternspeichel durch. Damit wurde die Zahl der möglichen beeinflussenden Faktoren eingeschränkt und der Feststellung von NAUJOKS u.M. (1961) entsprochen, wonach ein wahres Abbild der in der Mundhöhle ablaufenden Vorgänge ausschließlich im morgendlichen Nüchternspeichel zu finden ist.

Eine weitere Standardisierung der Untersuchungsmethode erfolgte, entsprechend der Forderung von RAUCH (1959), durch die Messung des Speichel-p_H-Wertes von Kindern und Jugendlichen eines Kinderheimes.

Die hier verwendete Mikro-Glaseinstabmeßkette in Verbindung mit dem Präzisions-p_H-Meter kennzeichnet gegenüber der vielfach angewandten Kolorimetrie und herkömmlichen Elektroden eine hohe Genauigkeit ($\pm$ 0,15 %).

Neben dem objektiven Fehler muß auch die Möglichkeit subjektiver Fehler beachtet werden. So führen Zungenbewegungen u.U. zu Zeigerschwankungen, die ein exaktes Ablesen der p_H-Werte zusätzlich erschweren. Einige Kinder waren mit der genauen Einhaltung der Anweisungen zur Realisierung der Untersuchung so unmittelbar nach dem Wecken offensichtlich überfordert.

Die Messungen im Rahmen vorliegender Arbeit erbrachten für Kinder und Jugendliche einen durchschnittlichen Speichel-p_H-Wert von 6,36 $\pm$ 0,22. Die ermittelten Einzelwerte lagen zwischen 5,55 und 6,80. Damit wird die Behauptung FISCHERS (1956), der Speichel der Kinder sei immer alkalisch, widerlegt. Auch RAUCH (1959) und HEMKEN (1973) hatten bei Kindern und Jugendlichen neben saurem deutlich alkalischen Speichel nachgewiesen.

Andere Autoren (POTOCZEK u.M. 1968, ANDERSSON 1972, WITEK u.M. 1978) geben zwar auch durchschnittliche Speichel-p_H-Werte unter 7,0 an. Diese sind aber im Ergebnis sehr unterschiedlicher Methoden und Bedingungen entstanden. Lediglich 2 Autoren führten an Kindern und Jugendlichen p_H-Wert-Messungen von morgendlichem unstimuliertem Nüchternspeichel durch (SCHEFFENSIEGER 1935, STRAATMANN 1980). Dennoch liegen auch ihre Meßergebnisse höher als die dieser Untersuchung. Als mögliche Ursache für diese Differenz kommt die Tatsache in Betracht, daß die beiden Autoren In-vitro-Untersuchungen durchgeführt haben und eine Beeinflussung des Speichel-p_H-Wertes durch CO_2 der Außenluft nicht ausgeschlossen ist.

Im Ergebnis dieser Untersuchung wurde festgestellt, daß der p_H-Wert des Speichels keiner altersabhängigen Veränderung unterliegt. Da sich diese Aussage auf Kinder und Jugendliche im Alter von 10 bis 17 Jahren beschränkt, erscheint ein Vergleich mit der Literatur, die Kinder- dem Erwachsenenspeichel gegenüberstellt, wenig aufschlußreich.

Nur vereinzelt widmeten sich Autoren der Veränderung des Speichel-p_H-Wertes im Kindes- und Jugendalter. Ihre Aussagen bestätigen aber die in dieser Arbeit getroffene Feststellung. So ermittelte BRAWLEY (1935/36) für 10- bis 20jährige einen p_H-Mittelwert von 6,74, der sich nicht von dem der 1- bis 5jährigen und 5- bis 10jährigen unterscheidet. Auch eine von WITEK u.M. (1978) vorgenommene stärkere Differenzierung der Altersgruppen änderte nichts am Gesamtergebnis. POTOCZEK u.M. (1968) sowie ANDERSSON (1972) prüften die Differenzen im Speichel-p_H-Wert der 7- bis 20jährigen bzw. der 5- bis 13jährigen und konnten ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Alter und p_H-Wert-Änderung feststellen.

Während eine Änderung des Speichel-p_H-Wertes im Laufe des Lebens infolge nachlassender Pufferkapazität nicht ausgeschlossen ist, erweist sich der Altersunterschied von nur 7 Jahren wegen der geringen Differenzen zwischen den Altersgruppen als zu klein, um Aussagen über Tendenzen einer Veränderung der Wasserstoffionenkonzentration treffen zu können. Denkbar wäre sogar ein höherer Speichel-p_H-Wert aufgrund der im Zusammenhang mit dem Wachstum erhöhten Stoffwechsellage und Reaktivität des Gesamtorganismus.

Der p_H-Wert des Speichels der untersuchten Mädchen und Jungen weist keine geschlechtsspezifischen Differenzen auf. Diese Feststellung steht im Gegensatz zu der Aussage einiger Autoren über einen generellen Geschlechtsunterschied der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels (von REEMEN 1981, SCHMIDT 1982). Die widersprüchlichen Angaben verschiedener Autoren dazu lassen eine tatsächliche Existenz dieser Unterschiede anzweifeln. So fand KLOCK (1977) einen signifikant geringeren Speichel-p_H-Wert bei Mädchen im Alter von 9 bis 12 Jahren und HEMKEN (1973) dagegen einen statistisch gesicherten höheren p_H-Wert weiblicher Probanden von 1 bis 30 Jahren.

Auch die von WEBER (1958) geäußerte Vermutung, daß der p_H-Wert des Speichels in der Pubertät bei den Mädchen steigt und bei den Jungen fällt, fand durch die vorliegenden Untersuchungen keine Bestätigung. Die Meßergebnisse unterstützen im Gegenteil die von zahlreichen Autoren gemachte Erkenntnis, daß die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels nicht vom Geschlecht abhängig ist (STERN 1931, REIM 1934, MAGNUSSON 1975 u.a.). Für beide Geschlechter gleichermaßen kennzeichnend ist eine ausgeprägte interindividuelle Variabilität der Speichel-p_H-Werte.

Die in der vorliegenden Untersuchung erfolgte Gegenüberstellung der Speichel-p_H-Werte von Probanden mit unterschiedlichem Kariesbefall ergab weder statistisch gesicherte Differenzen, noch eine wechselseitige Abhängigkeit zwischen dem DMF/T- und DMF/S-Index und der Wasserstoffionenkonzentration. Ein Vergleich dieser mit den in der Literatur angegebenen Ergebnissen ist aufgrund der sehr unterschiedlichen Untersuchungsmethoden nur bedingt möglich.

Es wird jedoch deutlich, daß die eigenen Resultate im Gegensatz zu denen jener Autoren stehen, die aus dem Speichel-p_H-Wert auf die Kariesanfälligkeit der Probanden schließen (KARSHAN u.M. 1931, LIANG 1936 u.a.). Die Untersuchungen belegen, daß ein hoher Speichel-p_H-Wert eben nicht, wie ERICK (1960) und STRAATMANN (1980) annehmen, unbedingt einen geringen Kariesbefall nach sich zieht. Vielmehr unterstützen die Ergebnisse die Auffassung der Autoren, die keine eindeutige Abhängigkeit des Kariesbefalls von der Speichelazidität feststellen konnten (STERN 1931, KRÖGER 1961, LEHNERT 1968 u.a.). So wiesen z.B. die Kinder und Jugendlichen mit den niedrigsten Speichel-p_H-Werten bei weitem nicht den höchsten Kariesbefall auf.

Für konkretere Aussagen über die Kariesaktivität der Probanden bei verschiedenen Speichel-p_H-Werten wäre es erforderlich, den p_H-Wert wiederholt zu messen und gleichzeitig den Karieszuwachs zu bestimmen. Deshalb kann auch DREIZEN (1946) nicht zugestimmt werden, der nach einmaliger p_H-Wert-Messung die Probanden nach ihrer Kariesaktivität einteilte. Aus dem gleichen Grund läßt sich die Vermutung von LAUDENBACH u.M. (1974) nicht bestätigen, wonach die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels diagnostische Bedeutung für bestimmte Verlaufsformen der Karies habe.

Anhand vorliegender Untersuchung ist zwar keine Aussage über die Kariesaktivität der Probanden möglich. Die Ergebnisse verdeutlichen aber, daß es, wie bereits VERCELLINO u.M. (1967) festgestellt hatten, keinen ätiologischen Zusammenhang zwischen dem Speichel-p_H-Wert und der Kariesaktivität gibt.

Diese Untersuchung belegt gleichfalls die Feststellung von BLACK (1914) und WOLLRING (1957), daß unter physiologischen Bedingungen keine Speichel-Wasserstoffionenkonzentration auftritt, die Schmelz unmittelbar lösen könnte. Aber selbst wenn der p_H-Wert des Speichels unter den kritischen Punkt sinken sollte, berechtigt das nicht zu der Annahme, daß er einen kariesexzitierenden Faktor darstellt (KLEMEN 1961). Nicht nur die Wirksamkeit des außerordentlich sensiblen Puffersystems bliebe damit unberücksichtigt. Das würde auch bedeuten, die gesicherte Erkenntnis von der Rolle der Plaque in der Ätiologie der Karies zu leugnen.

Dem Speichel-p_H-Wert aber kommt in diesem Prozeß lediglich eine disponierende Rolle zu. So wäre es denkbar, daß mit steigendem Speichel-p_H-Wert die Differenz zum Plaque-p_H-Wert zunimmt, infolge dessen verstärkt Wasserstoffionen aus der Plaque abdiffundieren, die damit dem kariösen Prozeß nicht mehr zur Verfügung stehen und umgekehrt. Der p_H-Wert des Speichels wird zum pathogenetischen Faktor. Diese Aussage bestätigt zugleich die Feststellung von ENGLANDER u.M. (1959), wonach der Speichel bis zu einer bestimmten Plaquedicke den extremen Abfall des Plaque-p_H-Wertes verhindert.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung weisen die individuelle Variabilität der Speichel-Wasserstoffionenkonzentration aus. Zieht man dabei noch in Betracht, daß unstimulierter morgendlicher Nüchternspeichel an Probanden gemessen wurde, die unter den gleichen Bedingungen lebten, erscheint es angebracht, den Autoren zuzustimmen, die den p_H-Wert des Speichels als einen individuellen Faktor betrachten und seine außerordentliche Variabilität hervorheben (POPPER u.M. 1925, BUNKE 1949, MANDEL 1974 u.a.).

Diese Feststellung steht dabei nicht im Widerspruch zu der Aussage, daß die Untersuchungen an den 10- bis 17jährigen Kindern und Jugendlichen einen gewissen Zusammenhang zwischen Speichel-p_H-Wert und Kariesbefall deutlich gemacht haben. Sie ist im Gegenteil einer der Gründe, warum es keine Korrelation zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem DMF/T- und DMF/S-Index gibt, und bestätigt zugleich die Annahme, daß der p_H-Wert in geringem Maße und nur allgemein Indikator der individuellen Kariesdisposition sein kann. Die individuelle Variabilität des Speichel-p_H-Wertes kommt somit unter Umständen als eine Ursache für interindividuelle Unterschiede im Kariesbefall in Betracht.

Die vorliegende Untersuchung erbrachte zwar aufgrund der erheblichen interindividuellen Variabilität der Plaqueausdehnung keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem OHI und dem DMF/T- und DMF/S-Index bzw. OHI und PIe. Die Ergebnisse lassen jedoch erkennen, daß mit zunehmender Verschlechterung der Mundhygiene der Kariesbefall und der Entzündungsgrad der Gingiva deutlich anstei-

gen. Dieses Resultat bestätigt die allgemein anerkannte Ansicht, daß die Zahnplaque ein wesentlicher Faktor in der Ätiologie von Karies und Periodonterkrankungen ist. Die Mikroorganismen der Mundhöhle können sich bei schlechter Mundhygiene und entsprechendem Substratangebot ungehindert vermehren und ihre aggressiven Abfall- und Spaltprodukte ungestört erzeugen.

Weiter stand die Frage nach einem möglichen Zusammenhang von Speichel-p_H-Wert und Plaqueausdehnung. Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten darauf hin, daß wohl weniger die Mundhygiene die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels verändert, als vielmehr der Speichel-p_H-Wert Einfluß auf die Plaqueausdehnung nimmt. So nahm der OHI bei den untersuchten Patienten mit steigendem p_H-Wert allmählich zu, während umgekehrt diese Tendenz weniger deutlich wurde. Eine Korrelation zwischen dem Speichel-p_H-Wert und dem OH-Index besteht jedoch nicht.

Gerade diese Feststellung ist geeignet, die Auffassung von ERICSSON (1959) zu unterstützen, wonach der Speichel-p_H-Wert nicht die Ursache für die Plaquebildung ist. Er stellt allenfalls einen begünstigenden Faktor dar, jedoch sind weitere Untersuchungen für aussagefähige Ergebnisse erforderlich. Um z.B. den Einfluß des Speichel-p_H-Wertes auf die 1. Phase der Plaquebildung, wie ihn LEHNERT (1968) und SCHMIDT (1982) beschreiben, zu bestätigen, wären mehrfache p_H-Wert-Messungen unmittelbar nach gründlicher Mundhygiene notwendig.

Ein gewisser Einfluß des p_H-Wertes des Speichels auf die 2. und 3. Phase der Plaquebildung aber ist erkennbar. Diese Feststellung deckt sich mit der Aussage von KLEMEN (1961) und HELLMICH (1967). Auch KWAPICZ u.M. (1980) stehen auf dem Standpunkt, daß der p_H-Wert des Speichels die Plaquebesiedlung und -reifung beeinflußt, nehmen aber an, daß dieser Prozeß an eine steigende Wasserstoffionenkonzentration gebunden ist.

LEHNERT (1968) geht zwar ebenfalls davon aus, daß Plaque und niedriger Speichel-p_H-Wert eine Einheit bilden, dreht das Abhängigkeitsverhältnis aber um. Demnach verändert sich der p_H-Wert des Speichels infolge Plaquebildung und Abfall des Plaque-p_H-Wertes.

Die vorliegende Untersuchung deutet an, daß ein solcher Zusammenhang durchaus auch möglich ist. Gleichzeitig aber zeigt sie, daß bei schlechter Mundhygiene auch hohe, d.h. wenig saure Speichel-p_H-Werte auftreten können. Möglicherweise handelt es sich hierbei um einen Kompensationsmechanismus als Antwort auf sehr niedrige Plaque-p_H-Werte bei einem hohen OHI.

Andererseits verdeutlicht die Analyse der Ergebnisse, daß die Rolle des Speichel-p_H-Wertes in der Plaquebildung und -reifung nur im Zusammenhang mit anderen, die Plaquebildung beeinflussenden Faktoren, zu klären ist. Von besonderer Bedeutung sind hierfür die Fließrate des Speichels, die nach der p_H-Wert-Bestimmung dieser Untersuchung jedoch nicht mehr exakt feststellbar war, und die Plaquedicke.

Die Untersuchung der Beziehung zwischen dem Speichel-p_H-Wert und dem Entzündungsgrad der Gingiva erbrachte wegen der interindividuellen Variabilität sowohl des p_H-Wertes, als auch des PIe kein statistisch gesichertes Ergebnis. Zusammenhänge sind nur in Tendenzen erkennbar. Damit findet die Feststellung zahlreicher Autoren Bestätigung, wonach es keinerlei Abhängigkeit zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und Periodonterkrankungen (RIEH 1936, GONDZIK u.M. 1968) bzw. dem PIe gibt (FISCHER 1956, HELLMICH 1967). Diese Schlußfolgerung wird besonders dadurch unterstrichen, daß von den untersuchten Probanden mit dem höchsten Entzündungsgrad der Gingiva viele auch den höchsten Speichel-p_H-Wert aufwiesen und umgekehrt.

Andererseits bestätigt die bei der Untersuchung aufgezeigte Tendenz zu steigendem Speichel-p_H-Wert bei zunehmendem PIe die Aussage von ZUHRT (1985), derzufolge Veränderungen der Speichelqualität wohl eher das Ergebnis als die Voraussetzung pathologischer Prozesse in der Mundhöhle sind.

Die vorliegende Untersuchung widerlegt WIENEMANN (1962) und KIRSCH (1963), für die eine akute Entzündung des Periodonts immer mit einem p_H-Wert-Abfall verbunden ist, sowie SAUERWEIN (1952), HEMKEN (1973) und NIKITINA u.M. (1981). Sie sind der Auffassung, daß chronische Entzündungen zur Alkalisierung des Speichels führen.

Außerdem lassen die Untersuchungsergebnisse vermuten, daß zwar in erster Linie der Entzündungsgrad der Gingiva die Speichel-Wasserstoffionenkonzentration beeinflußt, aber infolge akuter Entzündung, d.h. mit zunehmendem PIe, eine Kompensation erfolgt. Der Speichel-p_H-Wert steigt demnach als Reaktion auf die zunehmende lokale Wasserstoffionenkonzentration an und widerspiegelt so die Reaktivität des Gesamtorganismus auf lokale Reize.

Die Untersuchungen haben jedoch auch verdeutlicht, daß dem Speichel-p_H-Wert bei der Pathogenese entzündlicher Erkrankungen der Gingiva und des marginalen Periodonts möglicherweise eine disponierende Rolle zukommt. Zur weiteren Klärung dieser Frage ist es notwendig, weitere Faktoren in die Untersuchung einzubeziehen.

Insgesamt lassen die Untersuchungsergebnisse erkennen, daß der p_H-Wert des Speichels nicht nur durch eine Vielzahl Faktoren beeinflußbar ist, sondern daß ihn darüber hinaus eine gewisse individuelle Variabilität charakterisiert. Diese Feststellung und die Aussage, daß kein direkter Zusammenhang zwischen Kariesbefall und Entzündungsgrad der Gingiva und dem Speichel-p_H-Wert besteht, gestatten lediglich, dem p_H-Wert eine disponierende Rolle bei der Pathogenese von Karies und Gingivitis zuzuschreiben. Es erhebt sich die Frage, ob dabei die Differenz zwischen den Speichel-p_H-Werten der überwiegenden Zahl der Probanden von nur 0,44 p_H Bedeutung hat. Für die weitere Klärung dieses Problems scheint es deshalb sinnvoll, Längsschnittuntersuchungen durchzuführen und diese mit der Messung des Plaque-p_H-Wertes zu verbinden. Die vorliegende Arbeit unterstreicht damit erneut, daß Karies und Gingivitis durch eine Vielzahl Faktoren bedingt werden.

7. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes von Kindern und Jugendlichen in Beziehung zu Karies, Gingivitis und Mundhygiene.

Entsprechend der Forderung nach einer weitgehend standardisierten Untersuchungsmethode wurde die Messung des p_H-Wertes in morgendlichem, unstimulierten Nüchternspeichel vorgenommen. Sie erfolgte in vivo mittels Mikro-Glaseinstabmeßkette.

Von 70 Probanden des Kinderheims Berlin-Altstralau im Alter von 10 bis 17 Jahren wurde der Speichel-p_H-Wert bestimmt und anschliessend der DMF/T- und DMF/S-Index, der OH-Index und der PIe ermittelt.

Der mittlere Speichel-p_H-Wert und die Standardabweichung beträgt $6{,}36 \pm 0{,}22$, wobei die überwiegende Zahl der Speichelproben einen p_H-Wert zwischen 6,22 und 6,66 aufweist. Die Differenzen in der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels der untersuchten Probanden lassen sich weder auf geschlechts- noch auf altersabhängige Veränderungen zurückführen.

Die vorliegende Untersuchung bestätigt die Hypothesen, denen zufolge es keinen direkten Zusammenhang zwischen Kariesbefall und Entzündungsgrad der Gingiva und der Speichelwasserstoffionenkonzentration gibt. Dem p_H-Wert des Speichels könnte lediglich eine disponierende Rolle bei der Pathogenese von Karies und Periodonterkrankungen zugeschrieben werden. Ungeklärt bleibt, inwieweit entzündliche Prozesse der Gingiva den Speichel-p_H-Wert beeinflussen.

Zwischen der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und dem OH-Index besteht kein signifikanter Zusammenhang. Der Speichel-p_H-Wert stellt für die Plaquebildung allenfalls einen begünstigenden Faktor dar.

Eine Korrelation zwischen dem DMF/T-Index bzw. dem PIe und dem OHI liegt nicht vor. Die Tendenz zum Anstieg des Kariesbefalls und des Entzündungsgrades der Gingiva bei Verschlechterung der Mundhygiene bestätigt jedoch die Rolle der Zahnplaque als einen Faktor der Ätiologie von Karies und Gingivitis.

Die Bestimmung des Speichel-p_H-Wertes erweist sich als nicht ausreichend, die Rolle der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels bei der Pathogenese von Karies und Periodonterkrankungen zu klären.

8. Literaturverzeichnis

1. ANDA, L.

   Biochemische Speicheluntersuchungen bei kindlichen Diabetikern in Beziehung zur Zahnkaries und zum Kariesbefall unter Berücksichtigung von Nahrungsaufnahme und Nährstoffzufuhr
   Med. Diss., Bonn 1977

2. AHRENS, G.; RANKE, B.

   Energiereiche Phosphate im menschlichen Speichel
   Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 196 - 207

3. AHRENS, G.

   Klinische und biochemische Untersuchungen über die Beziehung zwischen Karies und Speichel
   Med. Habil.-Schrift, Hamburg 1964

4. ANDERSON, D.J.

   The hydrogen-ion concentration of the saliva
   I. Factors influencing CO_2 content
   J. dental Res., 28 (1949), 72 - 76

5. ANDERSON, D. J.

   The relationship between hydrogen-ion concentration and rate of flow of saliva
   J. dental Res., 28 (1949), 583 - 588

6. ANDERSSON, R.

   The flow rate, pH and buffer effect of mixed saliva in schoolchildren
   Odontol. Rev., 23 (1972), 421 - 428

7. ANDERSSON, R.; ARVIDSSON, E.; CROSSNER, C.-G.; HOLM, A.-K.; HÖNSSON, B.

   The flow rate, pH and buffer effect of mixed saliva in children
   J. Internat. dental Ass. Child, 5 (1974), 5 - 12

8. BECKS, H.

   Über die H^+-Konzentration des menschlichen Speichels unter besonderer Berücksichtigung der jeweiligen CO_2-Verhältnisse innerhalb der Mundhöhle
   Dt. zahnärztl. Wochenschr., 31 (1928), 329 - 341

9. BEGELMANN, J.A.

   Sovremennoje sostojanie problemy kariesa
   Stomatologija, 31 (1952), 1, 3 - 5

10. BERG, E.

Klinischer und experimenteller Beitrag zur Bestimmung des Speichel-pH-Wertes
Med. Diss., Heidelberg 1960

11. BERGEMANN, H.

Die Speichelreaktion nach Zambrini, ein diagnostisches Hilfsmittel in der Kieferchirurgie?
Zahnärztl. Welt, 8 (1953), 3, 61 - 63

12. BEYRAKOV, W.

The relation and composition of saliva in worker in the sugar processing industry
Stomatol. DDR, 24 (1974), 653 - 655

13. BLACK, G.V.

Konservierende Zahnheilkunde
Band I: Die Pathologie der harten Zahngewebe
Meusser-Verlag, Berlin 1914, 155 - 162

14. BRADLEY, J.E.

In situ hydrogen ion measurements of the mouth, esophagus and stomach in newborn infants
Amer. J. digest. Diseases, 19 (1952), 255 - 257

15. BRAMSTEDT, F.; VONDERLINN, B.

Biochemische Speicheluntersuchungen
II. O_2-Aufnahme des Speichels in Beziehung zur Zahnkaries
Zahnärztl. Welt, 7 (1952), 505 - 508

16. BRAWLEY, R.E.

Studies of the pH of normal resting saliva
I. Variation with age and sex
J. dental Res., 15 (1935b), 55 - 77

17. BRAWLEY, R.E.

Studies of pH of normal resting saliva
II. Diurnal variation
J. dental Res., 15 (1935b), 79 - 86

18. BRAWLEY, R.E.

pH of normal resting saliva
J. dental Res., 15 (1936), 361 - 375

19. BRINCK, E.

A study of some salivary factors in children of preschool age
Odontol. Rev., 11 (1960), 331 - 342

20. BRUDEVOLDT, F.; THOMPSON, E.C.

Evaluation of the micro-antimony electrode and preliminary intraoral pH-measurements
J. dental Res., 32 (1953), 695

21. BUCHER, E.

Die H^+-Konzentration in Zahnfleischtaschen, Gingiva und Speichel bei marginalen Zahnbetterkrankungen
Med. Diss., Tübingen 1956

22. BUNKE, E.

Die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und ihr Einfluß auf die Ätiologie der Zahnkaries
Med. Diss., Göttingen 1949

23. CHARLTON, G.

Determination of H^+-concentration in the mouth - a comparison of the glass, antimony and quinhydrone micro-electrodes
Austr. dental J., 1 (1956), 228 - 232

24. CHARLTON, G.

Determination of saliva and dental plaque pH in hamsters with glass electrodes
Arch. oral Biol., 16 (1971), 649 - 654

25. CROSSNER, C.-G.; HOLM, A.-K.

Saliva tests in the prognosis of caries in children
Acta odontol. Scand., 35 (1977), 135 - 139

26. CUSHMANN, F.H.; ETHERINGTON, J.W.; THOMPSON, G.E.

Quantitative relationship between saliva and caries
J. dental Res., 19 (1940), 298

27. CZERMAK, A.

Die Wasserstoffionenkonzentration in ihrer Beziehung zur Karies und Paradentose
Med. Diss., München 1948

28. DAWES, C.J.; JENKINS, G.N.

The effect of stimulis on the composition of aliva
J. Physiol., 159 (1961), P 73

29. DAWES, C.J.

Is acid-precipitation of salivary proteins a factor in plaque formation?
Arch. oral Biol., 9 (1964), 375

30. DAWES, C.J.; JENKINS, G.N.

The effect of different stimuli on the composition of saliva in man
J. Physiol., 170 (1964), 86 - 100

31. DAWES, C.J.

Effect of diet on salivary secretion and composition
J. dental Res., 49 (1970), 1263 - 1273

32. DAWES, C.J.

Rhythmus in salivary flowrate and composition
Internat. J. Chronobiol., 2 (1974), 3, 253 - 279

33. DE MUNIZ, B.R.; MARESCA, B.M.; TUMILASCI, O.R.; PEREC, C.J.

Effect of an experimental diet on parotid saliva and dental plaque-pH in institutionalized children
Arch. oral Biol., 28 (1983), Nr. 7

34. DE ROOIJ, J.F.; KOLAR, Z.; ARENDS, J.

Phosphate diffusion in whole bovine enamel at pH 7
Caries Res., 14 (1980), 393 - 402

35. DE ROOIJ, J.F.; ARENDS, J.

Phosphate diffusion in whole bovine enamel at pH 7
II. Temperature, time and concentration dependency
Caries Res., 15 (1981), 353 - 362

36. DE ROOIJ, J.F.; ARENDS, J.

Phosphate diffusion in whole bovine enamel
III. pH dependency
Caries Res., 16 (1982), 211 - 216

37. DEWAR, M.R.

Some observations on the pH of saliva
Dental J. Austr., 3 (1949), 113 - 122

38. DEWAR, M.R.

Die Bedeutung des Speichels für den Zustand des Kauapparates
Neue med. Welt, 20 (1951), I, 842 - 844

39. DIRKSEN, T.R.; LITTLE, M.F.; BIBBY, G.B.

The pH of carious cavities
Arch. oral Biol., 8 (1963), 91 - 95

40. DREIZEN, S.

The buffer capacity of saliva as a measure of dental caries activity
J. dental Res., 25 (1946), 213 - 222

41. EGGERS-LURA, H.

Investigation of salivary oxydation-reduction potential in caries-resistent an caries-active persons
J. dental Res., 34 (1955), 752 - 759

42. EGGERS-LURA, H.

Die Säurebildung im Speichel- und Plaquematerial und ihr Verhältnis zur Kariesaktivität
Dt. Zahn-, Mund- und Kieferheilkd., 28 (1958b), 447 - 455

43. EISENBRANDT, L.L.

Studies on the pH of saliva
J. dental Res., 23 (1944), 363 - 375

44. ENGLANDER, H.R.; MAU, L.M.; HOERMAN, K.C.

Dental caries activity and the pH, titrable alkalinity and rate of flow of human parotid saliva
J. dental Res., 37 (1958), 906 - 911

45. ENGLANDER, H.R.; MAZARELLA, M.A.; FOSDICK, L.S.

Effect of saliva restriction on dental plaque in caries-immune individuals
J. dental Res., 38 (1959) II, 706

46. ENGLANDER, H.R.; SHKLAIR, I.L.; FOSDICK, L.S.

The effect of saliva on the pH and lactate concentration in dental plaques
J. dental Res., 38 (1959)II, 848 - 853

47. ENTIN, D.A.; STARK, B.M.

Beiträge zur Kariesforschung. A.Zur Biochemie des gemischten Speichels. IV. Mitteilung: Über aktuelle Speichelreaktion in Zusammenhang mit der Karies
Dt. Monatsschr. Zahnheilkd., 46 (1928), 1201 - 1203

48. ERICSSON, Y.

Investigations into the relationship between saliva and dental caries
Acta odontol. Scand., 11 (1954), 179 - 185

49. ERICSSON, Y.

Clinical investigation of the salivary buffering action
Acta odontol. Scand., 17 (1959), 131 - 165

50. ERICSSON, Y.

Die Beziehung zwischen Speichel und Karies
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 164 - 170

51. FEDOROW, J.A.

Vlianije sljuny na pronikanie njekotorych veschestv v tkani subav v experimentalnych uslovijach
Stomatologija, 36 (1957), 3-5

52. FELDMANN, H.

Salivary buffercapacity, pH and stress
J. Amer. soc. psychosom. dental Med., 21 (1974), 25 - 30

53. FISCHER, H.

Über die Wasserstoffionenkonzentration des menschlichen Speichels bei Zahnkaries und Parodontopathien
Med. Diss., Bonn 1956

54. FOSDICK, L.S.

Some chemical differences between the saliva of caries-immune and that of caries-susceptible patients
J. Amer. dental Ass., 26 (1939), 954 - 957

55. FOSDICK, L.S.; STARKE, J.R.

Solubility of tooth enamel in saliva at various pH-levels
J. dental Res., 18 (1939), 417 - 421

56. FRUNDER, H.

Die Wasserstoffionenkonzentration im Gewebe lebender Tiere
Gustav Fischer Verlag, Jena 1951

57. GASSEN, A.

Über die pH-Werte an verschiedenen Stellen des Mundinnern bei an Paradontose Erkrankten im Vergleich zu den entsprechenden pH-Werten bei Gesunden
Med. Diss., Düsseldorf 1951

58. GOLLNOW, G.

Die pH-Messung und ihre praktische Bedeutung für die Medizin
Münch.Med. Wschr., 80.1. (1933), 267 - 268

59. GOLLNOW, G.

Die Messung der Wasserstoffionenkonzentration mittels eines neuen pH-Bestecks und eines pH-Potentiometers
Die Med. Welt, 9 (1935), 567 - 569

60. GONDZIK, W.

Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration im Speichel und Mundschleimhaut
Czas. stomatol., 21 (1968), 849 - 854

61. GROSSMANN, L.; BRICKMANN, B.M.

Composition of diurnal and nocturnal pH values of saliva
J. dental Res., 16 (1937), 179 - 184

62. GROSSMANN, L.; BRICKMANN, B.M.

Some abservation on the pH of saliva
J. dental Res., 16 (1937), 409 - 416

63. HAFER, H.

Untersuchungen zur Chemie des Speichels
Dt. zahnärztl. Z., 8 (1953), 766 - 777

64. HANSON, H.

Zusammensetzung und Funktion des Speichels
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 143 - 152

65. HARTLES, R.L.; McDONALD, N.D.

The metabolism of the oral flora
Biochem. J., 47 (1950), 60 - 64

66. HAUCK, J.E.

Die Pufferkapazität des Speichels als Kariesanfälligkeitstest unter besonderer Berücksichtigung experimenteller Variationen
Med. Diss., Tübingen 1964

67. HELLMICH, S.

Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Speichel-pH-Wert und Parodontopathien an Hand des Kötzschke-Index
Med. Diss., Leipzig 1967

68. HENKEN, E.

Die Wasserstoffionenkonzentration des menschlichen Speichels unter verschiedenen Bedingungen
Med. Diss., Bonn 1973

69. HENDERSON, M.

Über die Bestimmung der H^+-Konzentration im normalen Speichel
Dt. Monatsschr. Zahnheilkd., 46 (1928), 536 - 543

70. HILDES, J.A.; FERGUSON, M.H.

The concentration of electrolytes in normal human saliva
Cand. J. Biochem. and Physiol., 33 (1956), 217 - 224

71. HUBBELL, R.B.

The chemical composition of saliva and blood serum of children in relation to dental caries
Amer. J. Physiol., 105 (1933), 436 - 445

72. HUBER, W.

Über erbliche Beziehungen der pH-Werte des Speichels bei Mutter und Kind
Med. Diss., München 1961

73. HUNECKE, T.

Variabilität und Korrelation von Pufferkapazität, Viskosität und pH-Wert des menschlichen Speichels
Med. Diss., Münster 1961

74. JUNG, K.G.

Untersuchungen über Reizspeichel
Dt. Monatsschr. Zahnheilkd., 51 (1933), 323 - 334

75. KALLHARDT, D.

Hydrogen-ion concentration of human saliva
Dt. Monatsschr. Zahnheilkd., 46 (1928), 1121 - 1123

76. KANTOROWICZ, B.; BIRMAN, O.

Acid production in saliva in relation to dir contact
J. dental Res., 32 (1953), 601 - 605

77. KARSHAN, M.; KRASNOW, F.; KREJCI, L.E.

A study of blood and saliva in relation to immunity and susceptibility to dental caries
J. dental Res., 11 (1931), 573 - 589

78. KARSHAN, M.

Factors in human saliva correlated with the presence and activity of dental caries
J. dental Res., 15 (1936), 383 - 393

79. KARSHAN, M.

Factors in human saliva correlated with dental caries
J. dental Res., 18 (1939), 395 - 399

80. KIRSCH, Th.

Über den pH-Wert des menschlichen Speichels
Dt. Zeitschr. Zahnheilkd., 18 (1963), 174 - 182

81. KIRSTEN, T.

Untersuchungen über die Pufferkapazität des menschlichen Speichels
Med. Diss., Tübingen 1961

82. KJELLMANN, O.

Secretion rate and buffering action of whole mixed saliva in subjects with insulin-treated diabetes mellitus
Odontol. Rev., 21 (1970), 159 - 168

83. KLEEMAN, G.J.

Changes in salivary pH after ingestion of sorbitol tablets containing various food acidulants
J. dental Res., 58 (1979), 1564 - 1565

84. KLEINBERG, J.

The construction and evaluation of modified types of antimony microelectrodes for intra-oral use
Brit. dental J., 104 (1958a), 197 - 204

85. KLEINBERG, J.; JENKINS, G.N.

The pH of dental plaque in the different areas of the mouth before and after meds and their relationship to the pH and rate of flow of resting saliva
Arch. oral Biol., 9 (1964), 493 - 516

86. KLEINBERG, J.

Effect of varying sediment and glucose concentration on the pH and acid production in human salivary sediment mixtures
Arch. oral Biol., 12 (1967), 1457 - 1470

87. KLEMEN, D.

Die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels bei Leber- und Nierenkranken
Med. Diss., Heidelberg 1961

88. KLOCK, B.

Microbial and salivary contitiens in 9 - 12 year old children
Scand. J. dental Res., 85 (1977), 56 - 63

89. KÖHLER, E.

Beiträge zur Messung physikalischer Zustandsgrößen des Speichels
Dt. Zahn-, Mund- und Kieferheilkd., 32 (1960), 21 - 29

90. KOUP, J.R.

pH-dependent secretion of procainamide into saliva
J. pharma. sciences, 64 (1975), 2008 - 2010

91. KRANZ, P.

Zur Frage der Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration sowie des Ammoniakgehaltes des Speichels
Z. Stomatol., 20 (1922), 10 - 19

92. KRASNOW, F.

Biochemical studies of dental caries: diurnal variations in the P-, Ca-, H-ion concentration and titrabel alkalinity
J. dental Res., 11 (1932), 530

93. KRASSE, B.; GUSTAFSSON, B.

Buffer effect of saliva stimulated between and at meals
J. Amer. dental Ass. 56 (1958), 50 - 58

94. KRASSE, B.

Amount, pH, buffer effect and amylolytic activity of parotid saliva between and immediately following meals
J. dental Res., 40 (1961), 433 - 434

95. KRÖGER, H.

Das Auftreten von Zahnstein und Karies in Beziehung zu der Viskosität und dem pH-Wert des Speichels
Med. Diss., Münster 1961

96. KRÖNCKE, A.; NAUJOKS, R.

Biochemische Speicheluntersuchungen. V. Weitere Ergebnisse zur Entwicklung eines biochemischen Kariestestes
Dt. zahnärztl. Z., 9 (1954), 565 - 567

97. KRÖNCKE, A.; NAUJOKS, R.

Dental caries susceptibility tests and their significance in dental practice
Internat. dental J., 6 (1956), 174 - 178

98. KRÖNCKE, A.

Ergebnisse und Probleme biochemischer Speicheluntersuchungen
Dt. Zahnärztebl., 14 (1960), 523 - 532

99. KRÖNCKE, A.

Kariesteste auf der Grundlage von Speicheluntersuchungen
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 185 - 187

100. KÜNZEL, W.

Lehrbuch der Kinderstomatologie
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1979

101. KWAPISZ, H.

Steżenie Ionow Wodorowych w ślinie a odkladanie sie Kamienia nazebnego u budzi
Czas. Stomatol., 33 (1980), 395 - 399

102. LAGERLÖF, F.; EKSTRAND, J.

The effect of flow rate on the ionized calcium concentration of human parotid saliva
Caries Res., 16 (1982), 123 - 128

103. LAMBERTS, B.L.; PEDERSON, E.D.; SHKLAIR, I.L.
Salivary pH-rise ativities in caries-free and caries-active naval recruits
Arch. oral Biol., 28 (1983), 605 - 608

104. LAMMERS, Th.; HAFER, H.
Biologie der Zahnkaries
Dr.A. Hüthig Verlag, Heidelberg 1956

105. LAUDENBACH, P. u. M.
Measurement of oral pH, a clinical test in current practice diagnostic significance
Actual Odontostomatol., 108 (1974), 715 - 725

106. LEHNERT, S.
Biochemische und mikrobielle Untersuchungen über Korrelation zwischen Speichel, Zahnbelägen und Karies
Carl Hanser Verlag, München 1968, Med. Habil.-Schrift

107. LEONTJEV, W.K.; WERSCHININA, O.I.
Mechanism kislotnovo rastworenia emali
Stomatologija, 61 (1982), 4 - 7

108. LEONTJEV, W.K.; KARNITZKI, W.J.; BOKAJA, W.G.
Rastworjajuschtschaja sposobnostj smeschannoj sljuny i jejo komponentov u ljudjej bjes kariesa i s mnoschestvennyim kariesom
Stomatologija, 61 (1982), 42 - 43

109. LEUNG, S.W.
A demonstration of the importance of bicarbonate as a salivary buffer
J. dental Res., 40 (1951), 403 - 405

110. LEVY, G.
Relation between pH of saliva and pH of urine
J. pharma. sciences, 64 (1975), 890 - 891

111. LIANG, C.C.
Über das Verhalten des Mundspeichels bei Gesunden und Karieskranken; Beilage "Kampf der Karies"
Zahnärztl. Mittg., 27 (1936), 1108 - 1112

112. LILIENTHAL, B.
The buffer systems in human saliva
Dental J. Austral., 25 (1953), 216 - 219

113. LILIENTHAL, B.
An analysis of the buffer system in saliva
J. dental Res., 34 (1955 a), 516 - 518

114. LILLENTHAL, B.

Buffering systems in the mouth
Oral Surg. s. Louis, 8 (1955b), 828 - 830)

115. MÄKINEN, K.K.

Turku sugar studies
VII. Principal biochemical findings on whole saliva and plaque
Acta odontol. Scand., 34 (1976), 241 - 283

116. MAGNUSSON, J.; ERICSON, Th.
The effect of oral contraceptives on the concentration of some salivary substances in women
Arch. oral Biol., 20 (1975), 119 - 126

117. MAGNUSSON, B.

The pH of saliva in newborn infants
Odontol. T., 70 (1962), 503 - 514

118. MAGNUSSON, B.

The pH of the saliva during the first year of life
Odontol. T., 76 (1968), 273 - 278

119. MANDEL, I.D.

Relation of saliva and plaque to caries
J. dental Res., 53 (1974), 246 - 266

120. MARLAY, E.

The relation between dental caries and salivary properties at aldolescence
Austr. dental J., 15 (1970), 412 - 422

121. MATHIS, R.; FREY, N.

Ein Beitrag zur Kariesfrage mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei kindlichen Diabetikern
Zschr. Stomatol., 1938, 669 - 675

122. McCUAIG, L.W.

Salivary electrolytes, protein and pH during transcendental meditation
Experimentia, 30 (1974), 988 - 989

123. MELLER, M.

Milchsäure und pH im menschlichen Speichel bei körperlich erschöpfender Belastung
Med. Diss., Köln 1970

124. MESSERLI, R.

Über verschiedene Speicheluntersuchungen in Ergänzung zu einem Kariestest
Schweiz. Mschr. Zahnheilkd., 56 (1946), 115 - 119

125. MILLER, W.D.

Die Mikroorganismen der Mundhöhle
Georg Thieme Verlag, Leipzig 1892

126. MURACCIOLE, J.C.

Evaluation of caries activity by the buffers of saliva
J. dental Res., 34 (1955), 387 - 389

127. NAUJOKS, R.; BRAMSTEDT, F.; RAHLE, E.; AUERBACH, H.

Zur Problematik der Speichelgewinnung für biochemische Untersuchungen
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961a), 171 - 184

128. NAUS, A.; MISAK, J.; VAVREČKOVA, O.

Jednoducha metoda vyšetřovani pH slin
Čsas. stomatol., 67 (1967), 420 - 429

129. NIKITINA, T.V.; KULASCHENKO, T.V.; VOROBJOV, V.S.

Pokasateli konzentrazii vodopodnych ionov v polosti rta tscheloveka
Stomatologija, 61 (1982), 26 - 28

130. NITZ, W.

Die Wasserstoffionenkonzentration des menschlichen Speichels
Med. Diss., Erlangen 1950

131. PESCHKOVA, L.V.; SKLJAR, V.E.

Sogerschanie belka u pH w sljunje tscheloveka w norme i pri nekotorych stomatologitscheskich sabolevanijach
Stomatologija, 61 (1982), 12 - 14

132. PILZ, W.

Mundhöhlenmilieu; Zahnkaries
In: Grundlagen der Kariologie und Endodontie
PILZ, W.; PLATHNER, C.H.; TAATZ, H.
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1980, 121 - 256

133. POHLE, E.; STREBINGER, E.

Über die Wasserstoffionenkonzentration der menschlichen Mundflüssigkeit
Dt. Mschr. Zahnheilkd., 40 (1922), 306 - 308

134. POPPER, E.; HAFFNER, F.

Untersuchung über die Konstanz des Speichel-pH
Dt. med. Wschr., 51 (1925), 561 - 562

135. POTOCZEK, S.; PAWILOWSKA-MICHALIK, H.; BRZEZINSKA, B.

Analis urovnja pH sljuny u mologjeschi schkolnovo wosrasta
Czas. stomatol., 68 (1968), 133 - 142

136. RAUCH, S.

Die Speicheldrüsen des Menschen
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1959

137. RAUCH, S.

Physiologie und Pathologie der Regulation der Speicheldrüsentätigkeit
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 153 - 160

138. REDLOW, G.; ZUHRT, R.

Dialektisches Denken in der Medizin
humanitas, 24 (1984), H. 7, S. 9

139. REHM, A.

Über die Wasserstoffionenkonzentration des menschlichen Speichels bei normalen Mundverhältnissen und bei Paradentose
Med. Diss., München 1934

140. RIEH, G.

Die Beziehung des pH-Wertes im Speichel zur Paradentose
Med. Diss., Berlin 1936

141. RÖSLER, W.

Vom Speichel und Magensaft in Bezug auf die stellvertretende Untersuchung der Aziditätsverhältnisse
Med. Diss., Berlin F.U. 1961

142. ROLL, I.

Über die Wasserstoffionenkonzentration im Speichel und ihre Beziehungen zum Lebensalter und zur Magenfunktion
Med. Diss., Univ. d. Saarlandes 1968

143. ROZEIK, F.

Ein Beitrag zur Rolle des Speichels bei der Karies
Dt. zahnärztl. Z., 10 (1955), 1542 - 1547

144. ROZEIK, F.

Über die Korrelation zwischen Mundflora und Kariesfrequenz im Tierexperiment
Dt. zahnärztl. Z., 13 (1958), 245 - 250

145. ROZEIK, F.

Die Abhängigkeit der Kariesbereitschaft vom sauren und alkalischen Speichel im Tierexperiment
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 202 - 234

146. SAUERWEIN, E.

Das Spaltvermögen einiger Karieskeime und des Bact. Acidophilum gegenüber verschiedenen Kohlenhydraten und deren Reaktion auf den Speichel-pH
Dt. zahnärztl. Z., 7 (1952), 73 - 79

147. SAUERWEIN, E.

Die pH-Bestimmung des menschlichen Speichels
Stomatologie, 14 (1961), 38 - 41

148. SCHEFFER, P.

Le pH salivaire au cours de la grossesse
Rev. stomatol. Chir. Maxillo-fac. 82 (1981), 140 - 142

149. SCHMIDT, H.

Die Glas- und die Antimonelektrode zur pH-Messung in der Mundhöhle
Dt. zahnärztl. Z., 22 (1967), 423 - 426

150. SCHMIDT, H.; ENGELMANN, U.; K. GÄBLER; I. MIELER

Indexempfehlungen; 1. Mitteilung: Indices zur Bewertung der oralen Hygiene
Stomatol. DDR, 31 (1981), 765 - 770

151. SCHMIDT, H.; U. ENGELMANN; K. GÄBLER; I. MIELER

Indexempfehlungen; 2. Mitteilung: Indices zur Bewertung gingivaler und periodontaler Veränderungen
Stomatol. DDR, 31 (1981), 921 - 928

152. SCHMIDT, H.

Biochemie für Stomatologen
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1982

153. SCHMIDT-NIELSEN, M.

Microdetermination of pH in saliva
Acta physiol. Scand., 11 - 12 (1946 - 47), 97 - 103

154. SCHÜLE, H.

Zur Theorie der Speichelsekretion
Dt. zahnärztl. Z., 16 (1961), 181 - 184

155. SCHULZ, F.H.

Chemie und Funktion des Speichels bei inneren Krankheiten
Dt. Zahnärztl. Z., 16 (1961), 160 - 163

156. SCHWABE, K.

pH-Messung
Wiss. Taschenbücherei Chemie, Akademie-Verlag, Berlin 1980

157. SELLMANN, S.

The buffer value of saliva and its relation to dental Caries
Acta odontol. Scand., 8 (1949), 244 - 251

158. SHANNON, P.

Parotid fluid flow rate. Its relationship to pH and chemical compositions
Oral Surg., 13 (1960), 1488 - 1500

159. STARR, H.E.

Studies of human mixed saliva. I. The determination of the hydrogen-ion concentration of human mixed saliva
J. biol. Chem., 54 (1922), 43 - 46

160. STARR, H.E.

Studies of human mixed saliva. II. Variations in the hydrogen-ion concentration of human mixed saliva
J. biol. Chem., 54 (1922), 55 - 58

161. STEFFENSMEIER, M.

Die Reaktion des Speichels bei Karies und Paradentose
Med. Diss., Würzburg 1935

162. STEPHAN, R.M.

Intra-oral hydrogen-ion concentrations associated with dental caries activity
J. dental Res., 23 (1944), 257 - 266

163. STERN, A.R.

Hydrogen-ion concentration of normal resting saliva in children and its relation to dental caries
Dental Cosmos Philadelpia, 73 (1931), 1017 - 1022

164. STRAATMANN, W.

Kariesfrequenz und Speichelbefunde bei Kindern mit Diabetes mellitus und Cerebralparese
Med. Diss., Bonn 1980

165. SULLIVAN, J.H.; STORVICK, C.A.

Correlation of saliva analyses with dental examinations of 574 freshmen
J. dental Res., 29 (1950), 165 - 172

166. SWERDLOVE, C.P.

Relation between the incidence of dental caries and the pH of normal resting saliva
J. dental Res., 21 (1942), 73 - 79

167. TAATZ, H.

Morphophysiologische Grundlagen des orofazialen Systems und Einführung in die spezielle stomatologische Krankheitslehre
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1976

168. THIEMANN, E.M.; NEYMEYER, H.G.

The pH variation during dental treatment
Dt. Stomat., 20 (1970), 420 - 426

169. TULLAR, P.E.

Acid formation in human saliva
J. dental Res., 32 (1953), 688

170. TURNER, N.C.; CRANE, E.M.

A relationship between dental caries and saliva
J. dental Res., 23 (1944), 413 - 426

171. TURNER, N.C.; SCRIBER, J.H.; BELL, J.T.

The relationship of titrable acidity, titrable alkalinity and pH to the incidence of dental caries
J. dental Res., 33 (1954), 55 - 61

172. ULRICH, K.H.

Speicheluntersuchungen bei Diabetikern
Med. Diss., Greifswald 1959

173. VALENTINE, A.D.; ANDERSSON, R.J.; BRADNOCK, G.

Salivary pH and dental caries
Brit. dental J., 144 (1978), 105 - 107

174. VAN REENEN, G.J.; WÖLTGENS, J.H.M.

Cariesgevoeligheidsproeven in relatie met enkele Klinische waarnemingen
Nederl. T. Tandheekol., 88 (1981), 336 - 340

175. VERCELLINO, V.; CHANTEL, P.A.

Rapporti fra pH salivare e carie dentana
Contributo clinico-statistico
Mondo odontostomat., 9 (1967), 184

176. VESZPREMI, O.

Ergebnisse der Speicheluntersuchungen
Dt. Monatsschr. Zahnheilkd., 23 (1928), 1219

177. WACH, C.R.; KESEL, R.G.; HINE, M.K.; O'DONNELL, J.F.

Testing caries acitivity by acid production in the saliva
J. dental R., 22 (1943), 415 - 418

178. WEBER, H.

Die aktuelle Reaktion des gemischten Mundspeichels in verschiedenen Altersklassen
Med. Diss., Leipzig 1958

179. WEGNER, H.

Plaqueflora als Kariesfaktor (Speichel, Mikroorganismen, Zahnplaque)
In: Konservierende Stomatologie
SOBKOWIAK, E.-M.; WEGNER, H.
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1978

180. WHITE, J.M.; BUNTING, R.W.

A comparison of the chemical composition of stimulated and resting saliva of caries-free and caries-succeptible children
Amer. J. Physiol., 177 (1936), 529 - 531

181. WIENEMANN, M.E.

Wasserstoffionenkonzentration des Speichels und ihre Veränderung bei Mundkrankheiten
Med. Diss., Heidelberg 1962

182. WITEK, E.; KOCHANSKA, B.; POKRANT, H.; KUNICKA, D.

Badania nad zaleznoscia miedzy niektoryni fizykochemicznymi wlasciwosciami sliny a prochnica zebow
Czas. Stomatol., 16 (1978), 715 - 722

183. WOLLRING, G.

Über pH-Messungen in kariösen Defekten
Med. Diss., Bonn 1957

184. WRIGHT, D.E.; JENKINS, G.N.

An observed correlation between ammonia concentration and acid production in saliva
J. dental Res., 32.1 (1953), 233 - 238

185. ZISKIN, D.E.; HOTELLING, H.

Effect of pregnancy, marth acidity and age on dental caries
J. dental Res., 16 (1937), 507 - 519

186. ZUHRT, R.

Die Bedeutung des Speichels für das Periodontium
im Druck

187. ZUHRT, R.; KLEBER, M.

Periodontologie
Johann Ambrosius Barth Verlag, Leipzig 1983

ANHANG

Befunddokumentation

1. Allgemeine Angaben

Name: Vorname: Pat.-Nr.:

Anschrift:

Geb.-Datum: Untersuchungsdatum:

Mutter: Geb.-Datum: Beruf:

Vater: Geb.-Datum: Beruf:

Familienstand der Eltern:

.... Kind von insgesamt .... Kindern

2. Aktueller Gesundheitszustand

3. DMF/T- und DMF/S-Index:

Summe															
palatinal															
app.-distal															
buccal-vest.															
app.-mesial															
okklusal															
Zahn	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	
Zahn	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	
okklusal															
app.-mesial															
buccal-vest.															
app.-distal															
lingual															
Summe															

DMF/T-Index:

DMF/S-Index:

4. df/t- und df/s-Index

Summe										
palatinal										
app.-mesial										
buccal-vest.										
app.-distal										
okklusal										
Zahn	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65
Zahn	85	84	83	82	81	71	72	73	74	75
okklusal										
app.-mesial										
buccal-vest.										
app.-distal										
lingual										
Summe										

df/t-Index:

df/s-Index:

5. Parodontopathie-Index PIe

Zahn	Entzündung			Blutung
	P	M	A	
16				
21				
24				
36				
33				
32				
31				
41				
42				
43				
44				
Summe				

PIe-Index:

6. Beurteilung der Mundhygiene

Zahn	Fläche	Plaque
16	vestibulär	
	oral	
21	vestibulär	
	oral	
24	vestibulär	
	oral	
36	vestibulär	
	oral	
41	vestibulär	
	oral	
44	vestibulär	
	oral	
Summe		

OH-Index:

Tab. 1 Untersuchte Parameter (Speichel-p_H-Wert, DMF/T-Index, DMF/S-Index, OHI, PIe) der 70 Probanden im Alter von 10 bis 17 Jahren, Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in den Jahrgängen

Prob. Nr.	Alter (Jahre)		p_H	DMF/T	DMF/S	OHI	PIe
1	10		6,78	8	9	2,25	41,73
2	11		6,18	20	23	1,50	26,2
3	11		6,42	6	6	1,83	32,1
4	11		6,65	11	13	1,67	47,6
Anzahl 3		$\bar{m}$	6,42	12,3	14,0	1,67	35,3
		s	0,22	7,2	8,5	0,10	11,1
5	12		6,26	13	16	1,92	33,7
6	12		6,27	12	17	1,42	24,6
7	12		6,41	9	19	1,83	31,6
8	12		6,25	13	20	1,75	37,5
9	12		6,47	18	35	1,83	47,6
Anzahl 5		$\bar{m}$	6,33	13,0	21,4	1,75	35,0
		s	0,21	3,2	7,8	0,19	8,5
10	13		6,07	9	14	1,50	10,7
11	13		6,16	6	11	1,83	26,8
12	13		6,60	8	11	1,92	24,1
Anzahl 3		$\bar{m}$	6,28	7,7	12,0	1,75	20,50
		s	0,13	2,0	1,7	0,22	8,7
13	14		6,11	13	24	1,33	39,1
14	14		6,22	12	25	1,58	31,6
15	14		6,32	8	12	1,50	58,9
16	14		6,33	8	12	1,50	22,5
17	14		6,40	11	20	1,33	34,8
18	14		6,55	11	13	1,33	27,3
19	14		6,51	8	14	1,67	24,1
Anzahl 7		$\bar{m}$	6,35	10,1	17,1	1,46	34,0
		s	0,05	2,3	5,9	0,17	12,4

Fortsetzung Tab. 1

Prob. Nr.	Alter (Jahre)	p_H	DMF/T	DMF/S	OHI	PIe
20	15	5,88	13	17	1,50	45,5
21	15	6,24	18	34	1,58	27,8
22	15	6,27	11	14	1,58	25,7
23	15	6,32	17	25	1,58	32,6
24	15	6,35	9	12	1,58	42,8
25	15	6,39	20	47	1,58	27,8
26	15	6,50	14	23	2,25	30,5
27	15	6,66	8	9	1,25	26,2
28	15	6,15	13	18	1,42	27,8
29	15	6,18	12	19	1,33	32,1
30	15	6,31	12	20	2,00	41,7
31	15	6,51	16	41	1,25	31,0
32	15	6,60	10	11	1,83	46,6
Anzahl 13	$\bar{m}$	6,34	13,3	22,6	1,59	33,7
	s	0,22	3,6	11,7	0,32	7,6
33	16	5,90	11	11	1,67	26,8
34	16	6,10	17	33	1,67	38,5
35	16	6,22	9	12	1,25	33,2
36	16	6,30	14	17	1,58	21,4
37	16	6,33	17	26	1,50	31,0
38	16	6,33	14	16	1,67	42,8
39	16	6,39	15	21	2,00	25,7
40	16	6,47	10	17	1,33	55,6
41	16	6,56	17	33	1,50	30,5
42	16	6,64	15	21	2,17	53,0
43	16	6,68	11	13	1,42	31,6
44	16	6,73	17	41	1,67	32,6
45	16	5,55	16	26	1,67	28,9
46	16	6,04	15	26	1,42	26,2
47	16	6,25	22	52	1,67	67,4
48	16	6,28	17	23	1,42	33,2
49	16	6,36	16	28	1,58	33,2
50	16	6,37	12	13	1,75	18,7

Fortsetzung Tab. 1

Prob. Nr.	Alter (Jahre)		p_H	DMF/T	DMF/S	OHI	PIe
51	16		6,42	12	18	1,33	55,6
52	16		6,43	15	43	1,50	38,5
53	16		6,50	11	16	1,92	30,0
54	16		6,60	10	14	1,58	28,4
55	16		6,63	14	18	1,33	20,3
56	16		6,63	11	14	1,67	20,3
57	16		6,80	9	9	1,58	37,5
	Anzahl 25	$\bar{m}$	6,38	13,9	22,4	1,59	34,5
		s	0,29	3,1	11,0	0,24	12,2
58	17		6,15	16	35	1,83	23,0
59	17		6,25	15	20	1,92	33,7
60	17		6,45	10	15	1,58	73,3
61	17		6,53	12	26	1,33	27,3
62	17		6,09	19	44	1,25	16,1
63	17		6,09	21	39	1,92	31,0
64	17		6,13	12	17	1,83	27,8
65	17		6,30	19	49	1,58	38,0
66	17		6,30	16	27	1,50	62,1
67	17		6,32	14	34	1,50	35,9
68	17		6,42	12	21	1,58	28,4
69	17		6,53	11	12	1,83	21,4
70	17		6,63	17	26	1,42	28,9
	Anzahl 13	$\bar{m}$	6,32	14,9	28,1	1,62	34,4
		s	0,25	3,6	11,4	0,23	16,1

Tab. 2 Mittelwert und Standardabweichung der untersuchten Parameter (Speichel-p_H-Wert, DMF/T- und DMF/S-Index, OHI, PIe) in den Altersgruppen A bis E

Altersgruppen		A	B	C	D	E
Anzahl der Probanden		9	10	13	25	13
p_H-Wert	$\bar{m}$	6,41	6,33	6,34	6,38	6,32
	s	0,20	0,19	0,22	0,29	0,25
DMF/T	$\bar{m}$	12,2	9,4	13,3	13,9	14,9
	s	4,6	2,2	3,6	3,1	3,6
DMF/S	$\bar{m}$	17,6	15,6	22,6	22,4	28,1
	s	8,5	5,4	11,7	11,0	11,4
OHI	$\bar{m}$	1,78	1,55	1,59	1,59	1,62
	s	0,22	0,20	0,32	0,24	0,23
PIe	$\bar{m}$	35,9	29,9	33,7	34,5	34,4
	s	8,2	12,9	7,6	12,2	16,1

Tab. 3 Mittelwert und Standardabweichung der untersuchten Parameter (p_H-Wert, DMF/T- und DMF/S-Index, OHI, PIe) in den Speichel-p_H-Wert-Gruppen 1 bis 4

Speichel-p_H-Wert-Gruppen		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		9	28	20	13
DMF/T	$\bar{m}$	14,9	13,8	12,8	12,1
	s	3,9	3,8	3,3	3,1
DMF/S	$\bar{m}$	26,6	22,6	23,0	18,5
	s	11,2	10,4	11,2	10,5
OHI	$\bar{m}$	1,55	1,60	1,63	1,67
	s	0,21	0,18	0,27	0,30
PIe	$\bar{m}$	29,2	34,8	34,6	33,8
	s	11,1	11,5	13,6	10,7
p_H-Wert	$\bar{m}$	5,98	6,26	6,46	6,66
	s	0,22	0,17	0,16	0,25

Tab. 4 Gruppeneinteilung der Probanden nach ihrem DMF/T-Wert

Alter (Jahre)	DMF/T $\bar{m}$	s	Kariesgruppen 1 DMF/T ($\bar{m}$-s)	2 ($\bar{m}$-s) DMF/T $\bar{m}$	3 DMF/T ($\bar{m}$+s)	4 DMF/T ($\bar{m}$+s)
11	12,3	7,2	5,1	5,1 - 12,3	12,4 - 19,5	19,5
12	13,0	3,2	9,8	9,8 - 13,0	13,1 - 16,2	16,2
13	7,7	2,0	5,7	5,7 - 7,7	7,8 - 9,7	9,7
14	10,1	2,3	7,7	7,7 - 10,1	10,2 - 12,4	12,4
15	13,3	3,6	9,7	9,7 - 13,3	13,4 - 16,9	16,9
16	13,9	3,1	10,8	10,8 - 13,9	14,0 - 17,0	17,0
17	14,9	3,6	11,3	11,3 - 14,9	15,0 - 18,5	18,5
Gesamt	$\bar{m}$	13,9	9,7	11,1	14,6	18,7
	s	3,6	0,7	2,1	2,5	2,5

Tab. 5 Mittelwert und Standardabweichung der untersuchten Parameter (p_H-Wert, DMF/T- und DMF/S-Index, OHI, PIe) in den Kariesgruppen 1 bis 4

Kariesgruppen		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		9	25	25	10
p_H-Wert	$\bar{m}$	6,50	6,34	6,35	6,24
	s	0,17	0,21	0,25	0,13
DMF/T	$\bar{m}$	9,7	11,1	14,6	18,7
	s	0,7	2,1	2,5	2,5
DMF/S	$\bar{m}$	14,2	16,2	25,1	37,2
	s	4,0	5,6	8,7	10,8
OHI	$\bar{m}$	1,53	1,63	1,62	1,58
	s	0,22	0,20	0,26	0,20
PIe	$\bar{m}$	38,9	33,2	31,7	35,4
	s	16,4	10,6	10,3	14,1

Tab. 6 Mittelwert und Standardabweichung der untersuchten Parameter (p_H-Wert, DMF/T- und DMF/S-Index, OHI, PIe) in den OHI-Gruppen 1 bis 4

OHI-Gruppen		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		12	29	19	10
p_H-Wert	$\bar{m}$	6,40	6,34	6,32	6,43
	s	0,20	0,19	0,29	0,21
DMF/T	$\bar{m}$	12,3	13,8	12,8	13,9
	s	2,9	3,7	4,1	3,4
DMF/S	$\bar{m}$	22,2	23,2	21,4	22,3
	s	10,4	10,6	12,4	8,7
PIe	$\bar{m}$	33,2	33,9	33,8	34,5
	s	12,2	12,8	12,3	8,7
OHI	$\bar{m}$	1,30	1,52	1,75	2,03
	s	0,11	0,04	0,10	0,08

Tab. 7 Mittelwert und Standardabweichung der untersuchten Parameter (p_H-Wert, DMF/T- und DMF/S-Index, OHI, PIe) in den PIe-Gruppen 1 bis 4

PIe-Gruppen		1	2	3	4
Anzahl der Probanden		7	40	13	10
p_H-Wert	$\bar{m}$	6,37	6,34	6,34	6,46
	s	0,24	0,23	0,25	0,14
DMF/T	$\bar{m}$	12,9	13,4	13,4	13,2
	s	3,2	3,8	2,8	4,4
DMF/S	$\bar{m}$	18,9	22,1	25,6	22,1
	s	11,3	9,6	12,3	12,9
OHI	$\bar{m}$	1,56	1,62	1,63	1,64
	s	0,21	0,24	0,25	0,26
PIe	$\bar{m}$	18,4	28,9	39,6	56,8
	s	4,0	3,5	3,1	8,6

Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes von Kindern und Jugendlichen in Beziehung zu Karies, Gingivitis und Mundhygiene

THESEN ZUR DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der

Medizinischen Fakultät des Wissenschaftlichen Rates
der Humboldt-Universität zu Berlin

von

Dipl.-Stomat. Petra V a h l, geb. Winkel
geb. am 23. 8. 1956 in Caputh

Berlin, 1985

1. Der Speichel-p_H-Wert kann aufgrund inzwischen verfeinerter Meßmethoden erneut zum Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen gemacht werden, um somit eine nähere Bestimmung seines Stellenwertes im Bedingungsgefüge von Karies und Periodonterkrankungen herbeizuführen.

2. In der wissenschaftlichen Literatur wird die Bedeutung der Speichelwasserstoffionenkonzentration für Karies und Erkrankungen des marginalen Periodonts widersprüchlich diskutiert.

3. Die vorliegende Arbeit widmet sich der Untersuchung des Speichel-p_H-Wertes von Kindern und Jugendlichen in Beziehung zu Karies, Gingivitis und Mundhygiene.

4. Die Bestimmung der Speichelwasserstoffionenkonzentration erfolgte in vivo mittels Mikro-Glaseinstabmeßkette. Die Verwendung von morgendlichem, unstimulierten Nüchternspeichel entspricht der Forderung nach weitgehend standardisierten Untersuchungsbedingungen. Die angewandte Methode erweist sich wegen der Ausschaltung einer Vielzahl den p_H-Wert beeinflussender Faktoren als sinnvoll und wird für weitere Untersuchungen empfohlen.

5. Der mittlere Speichel-p_H-Wert und die Standardabweichung beträgt $6{,}36 \pm 0{,}22$. Die festgestellten Differenzen beruhen nicht auf Geschlechtsunterschieden. Auch eine Altersabhängigkeit der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels ist für die untersuchten 10- bis 17jährigen Probanden nicht nachweisbar.

6. Zwischen dem Speichel-p_H-Wert und dem Kariesbefall besteht kein signifikanter Zusammenhang. Die Wasserstoffionenkonzentration des Speichels könnte jedoch einen disponierenden Faktor im Prozeß der Kariesentstehung darstellen.

7. Eine Korrelation zwischen dem Entzündungsgrad der Gingiva und dem Speichel-p_H-Wert liegt nicht vor. Der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels könnte eine disponierende Rolle bei der Pathogenese von Gingivitis zugeschrieben werden. Die Reaktion des Speichels auf entzündliche Prozesse in der Mundhöhle ist weiter zu untersuchen.

8. Eine Abhängigkeit des OH-Index vom Speichel-p_H-Wert besteht nicht. Die Bedeutung des p_H-Wertes für die Plaquebildung und -reifung ist nur im Zusammenhang mit anderen, die Plaque beeinflussenden Faktoren zu klären.

9. Für die weitere Aufdeckung der Rolle des Speichel-p_H-Wertes bei der Pathogenese von Karies und Periodonterkrankungen erweist sich die einmalige Bestimmung der Wasserstoffionenkonzentration des Speichels als nicht ausreichend. Längsschnittuntersuchungen unter Einbeziehung zusätzlicher Faktoren, z.B. Plaque-p_H-Wert, könnten zur Klärung dieses Problems beitragen.

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, daß die vorliegende Dissertation selbständig und nur unter Verwendung der in der Arbeit angeführten Hilfsmittel und Literatur angefertigt wurde.

Berlin, im März 1985